WRR

WETENSCHAPPELIJKE RAAD VOOR HET REGERINGSBELEID

Klimaatstrategie – tussen ambitie en realisme



AMSTERDAM UNIVERSITY PRESS


Klimaatstrategie – tussen ambitie en realisme

De Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid werd in voorlopige vorm ingesteld in 1972. Bij wet van 30 juni 1976 (Stb. 413) is de positie van de raad definitief geregeld. De huidige zittingsperiode loopt tot 31 december 2007.

Ingevolge de wet heeft de raad tot taak ten behoeve van het regeringsbeleid wetenschappelijke informatie te verschaffen over ontwikkelingen die op langere termijn de samenleving kunnen beïnvloeden. De raad wordt geacht daarbij tijdig te wijzen op tegenstrijdigheden en te verwachten knelpunten en zich te richten op het formuleren van probleemstellingen ten aanzien van de grote beleidsvraagstukken, alsmede op het aangeven van beleidsalternatieven.

Volgens de wet stelt de WRR zijn eigen werkprogramma vast, na overleg met de minister-president die hiertoe de Raad van Ministers hoort.

De samenstelling van de raad is (tot 31 december 2007):
prof. dr. W.B.H.J. van de Donk (voorzitter)
mw. prof. mr. dr. L. Hancher
prof. dr. P.A.H. van Lieshout
prof. dr. P.L. Meurs
prof. dr. J.L.M. Pelkmans
drs. I.J. Schoonenboom
prof. dr. J.J.M. Theeuwes
prof. dr. P. Winsemius

Secretaris: dr. A.C. Hemerijck
Plaatsvervangend secretaris: dr. R.J. Mulder

De WRR is gevestigd:
Lange Vijverberg 4-5
Postbus 20004
2500 EA 's-Gravenhage
Telefoon 070-356 46 00
Telefax 070-356 46 85
E-mail info@wrr.nl
Website http://www.wrr.nl



WETENSCHAPPELIJKE RAAD VOOR HET REGERINGSBELEID

Klimaatstrategie – tussen ambitie en realisme

Amsterdam University Press, Amsterdam 2006

Omslagfoto: © Corbis

Omslagontwerp: Studio Daniëls, Den Haag
Vormgeving binnenwerk: Het Steen Typografie, Maarssen

ISBN-13 978 90 5356 868 2
ISBN-10 90 5356 868 9
NUR 907



WETENSCHAPPELIJKE RAAD VOOR HET REGERINGSBELEID

Aan de Minister-president
Voorzitter van de Ministerraad
De heer mr.dr. J.P. Balkenende
Postbus 20001
2500 EA Den Haag

ons kenmerk	**doorkiesnummer**	**telefax**
2006049/wvdd/lt	070-356 4691	070-356 4685
onderwerp	**email**	**datum**
WRR-rapport over klimaatstrategie	voorzitter@wrr.nl	8 juni 2006

Bij dezen zenden wij u het rapport Klimaatstrategie – tussen ambitie en realisme. Dit rapport behandelt drie oplossingsporen voor het klimaatprobleem, te weten aanpassing aan een veranderend klimaat, de selectie van mondiaal perspectiefvolle mitigatieroutes tot 2050 en de internationale coördinatie die nodig is om die routes succesvol te gebruiken.

Hoewel de onzekerheden rond het klimaatsysteem nog groot zijn, gaat de raad ervan uit dat het roekeloos zou zijn geen actie te ondernemen. Het is zeer de vraag of met het bestaande internationale coördinatievermogen voldoende emissiereductie kan worden bewerkstelligd om de 2°C doelstelling van de Europese Unie te realiseren. De raad analyseert dit coördinatievermogen en doet voorstellen tot verbetering. Vanwege het gebrekkige coördinatievermogen geeft de raad een hoge prioriteit aan aanpassing aan een veranderend klimaat, in het bijzonder wat betreft overstromingsveiligheid.

De raad meent dat de ambitie van voldoende emissiereductie tot 2050 met de huidige technologie in beginsel mogelijk is, maar het realisme gebiedt te signaleren dat het internationale draagvlak voor klimaatbeleid fragiel is omdat mitigatie landen treft in twee primaire belangen, namelijk ruimte voor economische groei en energiezekerheid. De belangrijkste slagen in emissiereductie moeten worden gemaakt in opkomende economieën, maar dat zal alleen gebeuren als rijke landen de kosten daarvan (grotendeels) dragen. Het voorzorgsbeginsel geeft weliswaar aan dat actie geboden is, maar geeft geen handvat voor de afweging van klimaatbeleid tegen andere prioriteiten. Die afweging is, gegeven de substantiële kosten, wel noodzakelijk.

Het in dit rapport ontwikkelde perspectief wil voor het Nederlandse en Europese klimaatbeleid een strategie ontwikkelen die zich richt op mitigatieroutes met een mondiaal significant potentieel en die aansluit bij de belangen van deelnemende partijen, zowel landen als ondernemingen.

Volgens de procedure van de Instellingswet ziet de raad graag de bevindingen van de ministerraad tegemoet,

De voorzitter

Prof.dr. W.B.H.J. van de Donk

De secretaris

Dr. A.C. Hemerijck

Lange Vijverberg 4-5, Postbus 20004, 2500 EA Den Haag
telefoon (070) 356 46 00, fax (070) 356 46 85, website: www.wrr.nl, e-mail: info@wrr.nl

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING

Er zijn sterke aanwijzingen dat het klimaat verandert, mede door menselijke invloed. Er is een omvangrijke reductie van de uitstoot van broeikasgassen nodig om het tempo van de klimaatverandering voldoende te temperen. Maar terwijl het totale wereldemissievolume van CO_2 sterk moet dalen, is het realistischer een sterke stijging ervan te verwachten als gevolg van welvaartstoename en bevolkingsgroei.

De onzekerheden zijn groot en er zijn allerlei complicerende factoren die een effectief klimaatbeleid bemoeilijken. De omvang van de klimaateffecten (soms ook de richting ervan) is niet goed te voorspellen. Er zijn grote onzekerheden in de kennis over het klimaatsysteem, mede door de extreme traagheid van dat systeem. Dat levert het risico op van het in gang zetten van onomkeerbare veranderingen. Het beleid wordt voorts bemoeilijkt door de mondiale omgeving waarin het tot stand moet komen. De diverse landen hebben sterk uiteenlopende belangen en leggen steevast de nadruk op economische groei, waardoor emissies eerder toe- dan afnemen. Bovendien is de internationale coördinatie van de emissiereductie-inspanningen problematisch, hetgeen het risico van niet-adequaat beleid met zich meebrengt. Deze onzekerheden en complicerende factoren kunnen tot hoge kosten leiden. Gegeven de onzekerheid zou het klimaatbeleid zich niet moeten richten op optimaliteit, maar meer op robuustheid. Een robuuste strategie is erop gericht succesvol te zijn in een uiteenlopende variatie van mogelijke scenario's.

Moeizame afwegingen

Hoe er tegen het klimaatprobleem wordt aangekeken, verschilt sterk van land tot land. Percepties, belangen en voorkeuren lopen wereldwijd uiteen en kunnen daarmee een effectieve klimaatstrategie bemoeilijken of zelfs in de weg staan. De effectiviteit hangt immers af van de doelen die landen nastreven en overeenstemming daarover (in de zin van een hard *commitment*) zal niet eenvoudig zijn. Verschillen in percepties en voorkeuren kunnen ertoe leiden dat de mate van bereidheid kosten te dragen te ver uiteenloopt. Een probleem bij de kostenverdeling is dat zowel de kosten van aanpassing als die van vermindering van klimaatverandering onduidelijk zijn. En bovendien moeten beleidsmakers die kosten afwegen tegen geheel andere doelstellingen die om overheidsingrijpen vragen (van economische groei, onderwijs en gezondheidszorg tot infrastructuur, pensioenreservering, militaire uitgaven of wat dan ook) en ook dat ligt overal nogal verschillend.

Het voorzorgsbeginsel biedt niet onmiddellijk een leidraad, omdat hoge kosten moeten worden afgewogen tegen deels nog onbekende risico's. Het paradoxale feit doet zich dus voor dat een inschatting moet worden gemaakt van het onbekende. Het voorzorgsbeginsel kan daardoor geen antwoord geven op de vraag wat een verstandige mix is van emissiereductie en aanpassing. Het ontbreken van een

optimale beleidsmix impliceert dat ook het criterium van intergenerationele lastenverdeling weinig houvast biedt.

Tot nu toe geen effectief beleid

De Europese Unie (EU) heeft in 1996 vastgesteld dat de klimaatverandering in de huidige eeuw beperkt moet blijven tot 2 °C ten opzichte van het pre-industriële niveau. In 2005 is dit standpunt herbevestigd, maar er is tevens vastgesteld dat de reductiedoelen moeten worden bezien op realiseerbaarheid met inachtneming van het kosten-batenaspect. De EU heeft een uitgewerkt emissiehandelssysteem en is daarmee een voorloper. Tegelijk voert de EU specifiek beleid op diverse gebieden. Nederland heeft bij dit klimaatbeleid een voortrekkersrol gespeeld. Op mondiaal niveau hebben volgens het Kyoto-protocol de deelnemende landen afgesproken in de periode tussen 2008 en 2012 hun emissieniveau terug tot ten minste 5 procent beneden het niveau van 1990.

Het totnogtoe gevoerde beleid is niet effectief gebleken, noch in de EU, noch mondiaal. Integendeel, beleidsactivisme heeft in de EU geleid tot versplintering en in Nederland tot veelvuldige koerswijzigingen. Het potentieel voor kosteneffectief binnenlands klimaatbeleid lijkt beperkt en veel zal dus buiten Nederland (en zelfs buiten Europa) moeten worden bereikt. Mondiaal stelt het Kyoto-protocol te beperkte doelen, voor een heel korte periode en dan nog alleen voor een selecte groep van ontwikkelde landen die al een relatief CO_2-efficiënte economie hebben. Het beleid tot nu toe, zowel mondiaal als van de EU en Nederland, ontbeert een wereldomvattende en langetermijnbenadering.

Een nieuwe klimaatstrategie

Dit WRR-rapport zet een klimaatstrategie uiteen die ratio en richting kan geven aan het Nederlandse beleid binnen de EU en dat van de EU in wereldverband.

De raad is uitgegaan van de volgende vraagstelling:

Hoe kan Nederland als lidstaat van de Europese Unie een effectief klimaatbeleid voeren vanuit een wereldwijd en strategisch perspectief?

Sleutelwoorden die deze strategie kenmerken zijn: een wereldwijde en een langetermijnbenadering als onwrikbare uitgangspunten; effectiviteit van emissiereductie tegen het jaar 2050; kostenminimalisatie bij de keuze tussen nu beschikbare opties en bij de keuze tussen opties over een decennialang tijdpad; schadebeperking door tijdige aanpassing aan een hoe dan ook veranderend klimaat; niet-aflatende en krachtige bevordering van lage-emissietechnologie en innovatie; een strategische aanpak van wereldwijde coördinatie; en ten slotte robuustheid, gegeven de grote onzekerheden. De voorgestane klimaatstrategie is gestoeld op drie oplossingsrichtingen: (1) aanpassing aan klimaatverandering, (2) reductie van emissies van broeikasgassen en (3) effectieve wereldwijde coördinatie.

(1) Een hoge prioriteit voor aanpassing

Aanpassing aan een veranderend klimaat vermindert of voorkomt latere schade. Aanpassingsbeleid kan en mag internationaal gecoördineerde emissiereductie niet vervangen, maar is voor vele landen – in elk geval voor Nederland – wel aanzienlijk eenvoudiger. Het is geen nederlaag, maar juist aantrekkelijk, omdat de vruchten van de lokale inspanning ook lokaal worden genoten, terwijl dat bij emissiereductie slechts in zeer geringe mate het geval is. Mondiaal is aanpassing niet altijd en overal mogelijk, of kan zo kostbaar en ontwrichtend zijn dat op sommige plaatsen uiteindelijk algehele emigratie onvermijdelijk wordt. Vandaar dat men aanpassing niet in alle gevallen uitsluitend lokaal kan bezien. De wereldgemeenschap kan het aanpassingsvermogen van arme landen versterken of aanvullen en zal zich vroeg of laat voldoende gelegen moeten laten liggen aan kwetsbaarheden die existentieel of ontwrichtend zijn voor hele gebieden of volkeren.

Voor Nederland zijn een natter klimaat en een hogere zeespiegel (+20 cm tot +110 cm in 2100) beleidsmatig het meest relevant. Daarom betekent aanpassing in de eerste plaats waterbeleid in relatie tot de overstromingsveiligheid en dit is om vier redenen van groot belang:

- Klimaatverandering geschiedt ook bij succesvolle emissiereductie, zij het in mildere vorm.
- De geloofwaardigheid van gecoördineerde wereldwijde emissiereductie is (tot nu toe) gering.
- Succesvolle aanpassing verbetert de internationale onderhandelingspositie.
- Er is een achterstand in de kosteneffectieve beveiliging tegen overstromingen.

Naast aandacht voor overstromingsveiligheid is ook aandacht voor natuurwaarden en ecologie op zijn plaats. Klimaatverandering brengt voor het landelijke gebied niet alleen bedreigingen met zich mee, maar ook kansen en voor een deel zijn die kansen te scheppen in het kielzog van te treffen maatregelen. Tussen overstromingsveiligheid en woningbouw of natuurherstel bestaat in voorkomende gevallen synergie. Die synergie kan worden gebruikt om het draagvlak voor aanpassingsmaatregelen te verbreden.

Het gaat bij het Nederlandse aanpassingsbeleid vooral om het openhouden van mogelijkheden. Maatregelen in het kader van de overstromingsveiligheid vergen grote investeringen en hebben een langetermijnkarakter. Het is mogelijk voor deze investeringen een gefaseerde aanpak te kiezen. Maar dat geldt niet voor de reservering van ruimte om eventueel overtollig rivierwater te bergen, waarbij het niet zeker is dat die reserveringen ooit zullen worden benut. Daarbij treden drie problemen op: ten eerste kan men eenmaal bebouwde ruimte niet of alleen tegen extreme kosten ontstedelijken; ten tweede is de bestuurlijke daadkracht voor het maken van ruimtereserveringen onvoldoende; en ten derde is het draagvlak onder de bevolking voor maatregelen tegen overstromingsrisico gering. Beveiliging tegen overstromingsrisico is een nationaal belang dat moet worden ingepast in de lokale context door te zoeken naar optimale oplossingen, niet door de natio-

nale doelen af te zwakken. Op sommige plaatsen moet water prioriteit hebben boven bebouwing in plaats van omgekeerd. Een hogere prioriteit voor de waterhuishouding vraagt een sterkere positie van de rijksoverheid ten koste van die van lagere bestuursorganen. Het belang van overstromingsveiligheid van de primaire waterkeringen is gebaat bij een grotere bewustwording van het overstromingsrisico.

(2) Reductie van emissies: routes en tijdpaden

Om de 2 °C-doelstelling van de EU te bereiken, moet in de komende decennia mondiaal een aanzienlijke emissiereductie worden gerealiseerd, te weten 10 à 11 gigaton koolstof (GtC) per jaar in 2050 ten opzichte van een *business as usual*-scenario. De aan te wenden energiebronnen spelen hierbij een doorslaggevende rol. De tijd om te wachten op een transitie in het energiesysteem ontbreekt. Voorlopig moet gebruik worden gemaakt van bestaande, rijpe technologieën. Moderne hernieuwbare energie (zon, wind, waterkracht en moderne biomassa) biedt tot 2030 veel te weinig potentie om een wereldwijd toereikende emissiereductie te verwezenlijken, nog afgezien van de relatieve kosten. Fossiele energie zal daarom zeker tot 2050 de wereldenergievoorziening domineren. Met name kolen zullen een heel belangrijke rol blijven spelen. Een dozijn koleneconomieën met samen ongeveer twee derde van de wereldbevolking zal de bestaande goedkope en goed gespreide kolenvoorraden zeker exploiteren. In een wereldwijde klimaatstrategie is het dus onvermijdelijk om de emissiereductie-inspanningen toe te spitsen op kolen ('schone fossiele energie').

Tot 2050 zal de vereiste mondiale emissiereductie (10 à 11 GtC per jaar in 2050) langs vier hoofdroutes kunnen worden bereikt:

- *Energie-efficiëntie* (3,4 GtC per jaar). Dit bespaart brandstof (vaak als *no regret* aangeduid) en is dus aantrekkelijk, maar is daardoor nog niet gratis. De nadruk zal moeten liggen op elektriciteitsgebruik, elektriciteitsproductie en verwarming. De grootste besparingen zijn te vinden in opkomende economieën.
- *Energiemix* (4 GtC per jaar). Deze route bestaat uit CO_2-afvang en -opslag in combinatie met vergassingstechnologie en gebruik van biomassa. De transportsector kan hieraan op langere termijn een significante bijdrage leveren, onder andere middels biobrandstoffen.
- *Fotosynthese* (2 GtC per jaar). Deze route behelst het afremmen van ontbossing, het versneld bebossen en herbebossen, het beter benutten van hout in producten en gebouwen, en meer duurzame landbouw. Dit potentieel is tijdelijk.
- *Reductie van overige broeikasgassen* (1 GtC per jaar), bovenal methaan en (industriële) N_2O.

Naast deze hoofdroutes zijn er nog aanvullende mogelijkheden voor emissiereductie, zoals kernenergie en windenergie.

De emissiereductieroutes maken gebruik van rijpe technologie, maar zijn niet voldoende voor de verdere emissiereductie die na 2050 nog nodig zal zijn. Op die termijn zal de energievoorziening een transitie moeten maken naar emissievrije

energie. Dat kan alleen als de rijke landen daarvoor een omvangrijke en langdurige R&D-inspanning verrichten. De raad beveelt voor het ontwikkelen van die kennis de oprichting van een Technologisch Top Instituut voor emissievrije energie aan. Juist vanwege de grote afstand tussen het bestaande en het gewenste is het noodzakelijk een duidelijk onderscheid te maken tussen technologieontwikkeling en technologiediffusie. In het huidige beleid van de EU en Nederland wordt dit onderscheid onvoldoende gemaakt, hetgeen de kosten opjaagt.

(3) Effectieve wereldwijde coördinatie

In de eerstkomende decennia is het de grootste opgave ervoor te zorgen dat industrialiserende en arme landen hun economische groei op een emissie-efficiënte wijze realiseren. De marginale kosten van emissiereductie zullen in deze zich ontwikkelende landen nog decennialang laag zijn, maar de reductie van CO_2-emissies zal alleen tot stand komen indien de rijke OESO-landen daarvoor geheel of gedeeltelijk de kosten dragen. De raad meent daarom dat Nederland zijn inspanningen voor emissiereductie met voorrang moet richten op het Clean Development Mechanism (CDM), zo nodig te verbinden met ontwikkelingswerk.

Het emissiehandelssysteem van het Kyoto-protocol is een waardevol instrument voor de voorlopende landen, maar lijdt onder de effectiviteitstegenstelling: het haalbare is niet effectief, het effectieve is niet haalbaar. De kleine kring van deelnemende landen kan geen effectief mondiaal beleid ontwikkelen zonder de landen die op afzienbare termijn niet aan Kyoto (willen) deelnemen. Veelvuldig liggen aan de weigerachtigheid van de niet-deelnemende landen de vrees van geringere economische groei en het veiligstellen van de energiezekerheid ten grondslag. Daarom is naast de Kyoto-benadering een 'veelkleurige flexibiliteit' nodig van initiatieven die aansluiten bij de belangen van deze landen. Daardoor zal gemakkelijker een draagvlak worden gevonden voor het ontwikkelen van technologieën die een klimaatvriendelijke exploitatie van kolen mogelijk maken dan voor emissieplafonds die een rem zouden kunnen zetten op de economische groei van opkomende economieën. Op het aspect van de energie-efficiëntie lopen de belangen van klimaat en energiezekerheid parallel, wat energie-efficiëntie tot een kansrijk speerpunt maakt.

De gedeelde belangen zijn het uitgangspunt voor de vorming van coalities die gezamenlijk (deel)problemen aanpakken. Daarbij kunnen de coalities op deelterreinen verschillen, waarbij het kan gaan om coalities van naties (bijvoorbeeld grote vervuilers die gezamenlijk de emissies beslissend kunnen beïnvloeden), maar ook om coalities van bedrijven (bijvoorbeeld ondernemingen die gezamenlijk een sectorale standaard voor energie-efficiëntie in de markt overeenkomen, die in de tijd nog eens kan worden verscherpt).

De vereiste veelkleurige flexibiliteit kan uiteenlopende vormen aannemen, variërend van *no regret*-beleid (met enorme potentie in ontwikkelingslanden), *no lose*-beleid (waarbij wel prikkels bestaan voor reductie maar geen sancties bij overschrijding gelden), technologieontwikkeling en -diffusie en intensiteitsdoelen,

tot de zelfverplichting van eigen klimaatbeleid met het afleggen van rekenschap en emissiehandelssystemen of een koolstofprijs. Net als in de handelspolitiek is het mogelijk en aantrekkelijk om op onderdelen emissiereductie bilateraal en regionaal te stimuleren, bijvoorbeeld als onderdeel van al bestaande speciale betrekkingen of van ontwikkelingsbeleid. Daarnaast dienen bedrijfsleven, kennisinstellingen en NGO's actief bij klimaatbeleid te worden betrokken. Op dit meer horizontale transnationale vlak zijn interessante ontwikkelingen gaande die, waar mogelijk, zouden moeten worden gestimuleerd.

De UNFCCC biedt een geschikt kader om multilaterale coördinatie in te passen, maar om de coördinatie effectiever te maken zou een World Climate Organisation (WCO) moeten worden opgericht: een vaste organisatie met daaromheen vaste diplomatieke missies. Dit is nodig om een zekere mate van probleemeigenaarschap te creëren, zodat beslissingen worden genomen en uitgevoerd. De WCO zou een dagelijks bestuur (Special Climate Council) moeten vormen van vaste en roulerende landenleden, met een geleidelijke uitbouw van bevoegdheden. De WCO kan dan op termijn het leiderschap van de EU overnemen, wat ook impliceert dat de EU en Japan op dat moment niet langer de agenda (kunnen) bepalen. Tot dat moment is leiderschap van de zijde van de EU wenselijk en noodzakelijk om een katalyserende rol te spelen.



TEN GELEIDE

Dit raport is voorbereid door een interne werkgroep van de WRR. Deze werkgroep bestond uit prof.dr. J.L.M. Pelkmans (raadslid), drs. P.A. van Driel, dr. R.M.A. Jansweijer en drs. D. Scheele (stafmedewerkers). Daarnaast hebben in de beginfase van het project ir. W.C. Kersten en prof.dr. P. Winsemius deel uitgemaakt van de projectgroep en leverden dhr. O. Klinkenberg en dhr. C. Veld als stagiairs een bijdrage.

In de voorbereidingsfase zijn op deelterreinen externe deskundigen geraadpleegd. De werkgroep dankt de volgende personen voor het ter beschikking stellen van hun kennis: prof.dr. J.C.J.M. van den Bergh (VU), drs. M. Berk (MNP), drs. H.C.Y.M. Bersee (VROM), dr. E. Boeker (WBS), drs. I. Breuers (NWO), drs. J. Brinkhoff (EZ), dr. W. ten Brinke (RIZA), dr. J.J.C. Bruggink (ECN), dr. J. Dronkers (RIKZ), prof.dr.ir. T. van der Hagen (RID), drs. B. Hanssen (AER), prof.dr. E.C. van Ierland (WUR), drs. L.H.M. Kohsiek (RWS), mr. A. van Limborgh (VROM), drs. J. Oude Lohuis (MNP), drs. J.M. Pinkse (UVA), prof.dr. R. Rabbinge (WUR), drs. L.G. van Schaik (CEPS), dr. S. Slingerland (CE), drs. J. van der Sommen (NWP), dr. R. Steur (EZ), ir. J. Veraart (WUR), prof.mr. J.M. Verschuuren (UVT), ir. A.M. Versteegh (NRG), ir. L. Voogt (RIKZ), drs. M.F.M. van Wortel (V&W) en ir. R. Ybema (ECN).

Hoewel de werkgroep dankbaar gebruik heeft gemaakt van de kennis van deze deskundigen, valt dit rapport aan de regering onder verantwoordelijkheid van de raad.

1 INLEIDING

1.1 HET KLIMAATPROBLEEM

Het klimaat is aan het veranderen. Het zal in de komende eeuwen op aarde warmer worden en dat heeft lokaal sterk uiteenlopende gevolgen. Die mondiale klimaatverandering wordt ten minste deels door de mens veroorzaakt, namelijk door de uitstoot van broeikasgassen. Voor de houdbaarheid van de aarde op de lange termijn is een stabiele concentratie van broeikasgassen noodzakelijk. Om die stabilisatie te realiseren, zullen de emissies ver beneden het huidige niveau moeten komen te liggen. Die wenselijkheid vormt het uitgangspunt van het klimaatbeleid.

1.1.1 KENMERKEN VAN HET KLIMAATPROBLEEM

Het klimaatprobleem is bij uitstek een exponent van de nieuwe generatie van 'lastige milieuproblemen' (WRR 2003b), die de volgende kenmerken hebben: (1) een bovennationale schaal, (2) een lange tijdsdimensie, (3) onzekerheid, (4) uiteenlopende belangen en (5) vermenging van probleemoplossing en lastenverdeling.

(1) Bovennationale schaal

De oorzaak van het klimaatprobleem ligt in de atmosfeer, die voor de gehele wereldbevolking een ondeelbaar goed is. Dat vraagt om een internationale aanpak, hetgeen de problematiek tot een lastig, complex vraagstuk maakt.

(2) Lange tijdsdimensie

Het is vooral de tijdsdimensie die het klimaatprobleem bijzonder lastig maakt: de oorzaken liggen in het heden en verleden, maar de gevolgen treden met grote vertraging op. De klimaatverandering is nu al aanwijsbaar en meetbaar, maar geeft pas daadwerkelijk overlast op langere termijn. De reeds uitgestoten emissies werken bovendien lang door. Al ligt de horizon van de meeste klimaatsimulaties bij het jaar 2100, er is dan nog geen stabiele toestand bereikt. Wie problemen op een termijn van eeuwen wil voorkomen, zal nu of binnen (zeer) afzienbare tijd moeten ingrijpen, lang voordat de effecten voor een breed publiek sterk voelbaar worden. Dat heeft ook financiële gevolgen. De kosten van emissiereductie in het heden moeten worden afgewogen tegen potentiële schades in de (verre) toekomst. Dat is niet alleen een lastige kostenafweging, maar ook een lastige afweging van belangen van verschillende generaties.

(3) Onzekerheid

De onzekerheid heeft twee bronnen, namelijk de lange keten van oorzaak en gevolg en de lange termijn. De keten die oorzaak en gevolg verbindt kent vele schakels en elke schakel introduceert zijn eigen onzekerheid. Het ultieme gevolg is de potentiële schade die ontstaat door een veranderend klimaat, direct door een

hogere temperatuur en indirect door de gevolgen van die hogere temperatuur voor bijvoorbeeld het zeeniveau. Er bestaat weliswaar globale consensus over de structuur van de keten, maar het gedrag van elk van de schakels blijft (in hoge mate) ongewis. De lange termijn doet de bovengenoemde onzekerheden cumuleren. Groeivoeten spelen een doorslaggevende rol. Dat maakt de keuze van deze modelparameters uitermate gevoelig. Onder schijnbaar neutrale modelparameters kunnen zeer specifieke opvattingen van onderzoekers en/of beleidsmakers schuilgaan, met name daar waar het om de niet-fysische processen gaat.

(4) Uiteenlopende belangen

De gevolgen van klimaatverandering lopen regionaal sterk uiteen, waardoor de belangen van landen verschillen. Ook de uitgangsposities van landen verschillen sterk. Emissie is sterk verbonden met energiegebruik en bijgevolg heeft de energiestructuur een grote invloed op de mogelijkheden om emissies te beperken. De energievoorziening hoort tot de meest vitale belangen van landen. Klimaatbeleid dat onvoldoende rekening houdt met de uiteenlopende belangen van aanpassingsvermogen en energiezekerheid zal slechts uiterst moeizaam internationaal draagvlak verwerven of daarin zelfs niet slagen.

(5) Vermenging van probleemoplossing en lastenverdeling

Ten slotte spelen bij het klimaatprobleem zowel technisch-inhoudelijke vragen als verdelingsvragen. Bij de technisch-inhoudelijke vragen is vooral een rol weggelegd voor probleemoplossers, die het probleem analyseren en die nagaan wat de meest kosteneffectieve oplossingen zijn. Bij de verdelingsvragen bepalen onderhandelaars het spel. Zij zoeken naar een aanvaardbare verdeling van de lasten over de partijen en naar de benodigde institutionele structuren. Scharpf (1997) wijst erop dat deze vragen voor een effectieve probleemoplossing in verschillende fasen moeten worden beantwoord. Als de scheiding in fasen onvoldoende is, bestaat het risico dat onderhandelaars een niet-adequate probleemdefinitie of een suboptimale probleemoplossing omarmen of dat probleemoplossers zich de rol van onderhandelaar aanmeten door vooral hun persoonlijke voorkeuren wetenschappelijk te onderbouwen.

1.1.2 BELANGRIJKE VARIABELEN

Het klimaatprobleem is op langere termijn in hoofdzaak een met energiegebruik verbonden kooldioxideprobleem (CO_2), al zijn zeker op kortere termijn andere broeikasgassen zoals methaan niet verwaarloosbaar. Volgens het Internationaal Energie Agentschap bedroeg in 2001 de CO_2-uitstoot per hoofd van de bevolking gemiddeld over de wereld 3,9 ton per jaar. Maar de landenverschillen zijn groot. Ontwikkelde landen hebben een uitstoot van 11 ton per capita en de Verenigde Staten (VS) zelfs 19 ton. Arme landen blijven momenteel beneden 1 ton per capita.

Het broeikaseffect is op twee manieren met welvaart verbonden. Aan de ene kant leidt welvaartsgroei tot meer energiegebruik en daarmee tot een groter broeikasprobleem. Anderzijds leidt welvaart tot een betere verhouding tussen bruto

binnenlands product (BBP) en energiegebruik, anders gezegd: rijkere landen produceren, voor zover CO_2 als vervuiling wordt aangemerkt, op schonere wijze dan arme landen. De cijfers laten zien dat, in elk geval voorlopig, het eerste effect overheerst. Wel was in de afgelopen decennia de emissie per hoofd min of meer stabiel in ontwikkelde landen, ook in de VS. Hoewel het voor het klimaatprobleem enorm zou helpen als de wereldbevolking minder zou groeien (China heeft met zijn bevolkingsbeleid het klimaat in dat opzicht een dienst bewezen) en/of als het welvaartsniveau minder zou groeien, gaan we er in dit rapport van uit dat deze variabelen niet beïnvloed zullen worden door zorgen over het klimaat.

Hoewel rijke landen tot nu toe de grootste producenten van CO_2 zijn geweest (voor andere zaken zoals methaan en ontbossing ligt dat minder eenduidig), zal in de nabije toekomst het probleem vooral worden bepaald door opkomende economieën zoals India en China. Europa en Japan zijn de spelers die emissiereductie hoog op de agenda plaatsen, maar hun aandeel in de mondiale uitstoot van CO_2 bedraagt slechts circa 30 procent; in 2030 zullen ze minder dan een kwart van de wereldemissies vertegenwoordigen. Vooral de welvaartsgroei in opkomende economieën zal daarom het broeikaseffect beslissend bepalen.

Het voorgaande laat zien dat er, afgezien van de onzekerheid over het klimaatsysteem zelf, drie niet goed voorspelbare factoren zijn die de omvang van het klimaatprobleem bepalen: bevolkingsgroei, groei van het BBP per hoofd en de mate waarin die groei gepaard gaat met emissiegroei.

1.2 HET KLIMAATBELEID

Sinds het begin van de jaren negentig wordt er klimaatbeleid gevoerd. Dit beleid is gebaseerd op het VN-Klimaatverdrag van 1992 en, wat de overeengekomen emissiereducties van CO_2 van de ontwikkelde landen betreft, op het Kyoto-protocol van 1997. Daarin hebben de deelnemende landen met elkaar afgesproken dat ze de uitstoot van broeikasgassen tussen 2008 en 2012 met gemiddeld 5 procent zullen verminderen ten opzichte van het niveau in 1990. In de jaren na de totstandkoming van het verdrag van Kyoto is in wetenschappelijke kringen wereldwijd de overtuiging gegroeid dat de toenemende concentraties van CO_2 en andere broeikasgassen het klimaat beïnvloeden. Dat dit voortschrijdend inzicht slechts geleidelijk tot consensus leidt, is begrijpelijk, aangezien de onzekerheden groot zijn. Meer en meer raakt men ervan overtuigd dat menselijke klimaatbeïnvloeding een reëel probleem is. Maar er is grote onzekerheid over de omvang van die menselijke invloed, over de gevolgen van de klimaatverandering en over de snelheid waarmee deze op ons af zou komen. De cumulatie van broeikasgassen in de atmosfeer over vele decennia kan uiteindelijk dusdanige destabiliserende consequenties hebben dat ‘geen beleid’ als roekeloos kan worden bestempeld. Daarbij geldt tevens dat die consequenties sterk uiteenlopen voor allerlei landen.

Over de wenselijkheid van het verminderen van de menselijke invloed op het klimaat is men minder onzeker dan tien jaar geleden, toen het Kyoto-protocol tot

stand kwam. De beleidsaanpak is echter momenteel niet effectief, ook niet na het van kracht worden van het verdrag. Gezien de ernst van de problematiek dient een bredere, strategische aanpak te worden gekozen, die is gericht op zowel het stellen van de juiste doelen als op effectiviteit tegen de geringst mogelijke kosten, op korte en middellange termijn. Overigens moet men bij 'korte' termijn denken aan een periode van enkele decennia, en bij 'middellange' termijn aan streefdata als 2050 of zelfs later.

Het Kyoto-protocol is om een aantal redenen niet voldoende effectief. De doelstellingen richten zich op de ultrakorte termijn in klimaattermen, zijn inhoudelijk weinig ambitieus en ontberen een verplichtend kader voor de post-Kyoto-periode na 2012. Voorts beperkt het aantal deelnemende landen de effectiviteit van het verdrag, zeker in het licht van de te verwachten economische groei en bevolkingstoename in opkomende landen zoals China en India, die zijn vrijgesteld van verplichtingen. De uitstoot van de meeste niet-deelnemende landen neemt in hoog tempo toe. Ook de mogelijkheden voor handhaving zijn beperkt. Kyoto is een minimale eerste stap of, nog nauwkeuriger, een oefening op weg naar een effectief klimaatbeleid, geleid door een kleine groep 'overtuigde' landen, bovenal Japan en de Europese Unie (EU).

In de deelnemende landen is de voorbije jaren veel beleids- en onderhandelingsenergie gaan zitten in het verwezenlijken van maatregelen die de uitstoot van broeikasgassen beheersbaarder maken. Deelnemers en niet-deelnemers aan Kyoto zien echter dat reeds op betrekkelijk korte termijn en zeker op middellange termijn veel meer nodig is, in termen van kwantitatieve emissiereductie, alsook in termen van coördinatie van wereldwijd beleid. Het EU-beleid, en ook het Nederlands beleid, neemt hier de laatste tijd steeds meer rekenschap van.

Nu het Kyoto-protocol van kracht is geworden, de implementatie ervan in de EU in wettelijke regelingen is vastgelegd en daadwerkelijk operationeel is, begint de aandacht te verschuiven naar de periode na 2012. In februari 2005 heeft de Europese Raad *grosso modo* een Commissiestuk ondersteund waarin de eerste ideeën over de periode na het Kyoto-protocol zijn vervat (Europese Commissie 2005). Het wordt steeds duidelijker dat een vervolg op Kyoto niet simpelweg 'meer van hetzelfde' zal kunnen zijn. De klimaatproblematiek is te omvangrijk en te gecompliceerd en lijkt te zeer gegijzeld te zijn in verdeelde internationale belangen om te verwachten dat zij simpelweg met een emissiehandelssysteem tussen slechts weinige landen afdoende kan worden opgelost. Gezien de grote diversiteit aan internationale opstellingen is een open oog vereist voor andere oplossingen voor het coördinatievraagstuk dan alleen het Kyoto-model. Het Kyoto-model lijdt onder de effectiviteitstegenstelling: datgene wat gezien de doelstelling van de EU effectief is, is in internationaal verband niet haalbaar en datgene wat haalbaar is, is niet effectief. De instrumenten van Kyoto zijn doelmatig voor voorlopers. Daar is dus niets mis mee. Maar ze missen vooralsnog de potentie voor doeltreffendheid, omdat het wereldwijde draagvlak voor een vergaande inzet van die instrumenten ontbreekt.

Hoewel er aanzetten zijn, ontbreekt het aan een samenhangende strategie. Strategisch klimaatbeleid gaat uit van een langetermijnbenadering die robuust is in het licht van de onzekerheden waarmee het klimaatprobleem is omgeven. Een 'robuuste' benadering is een strategie die goede klimaatresultaten oplevert bij uiteenlopende toekomstscenario's onder verschillende veronderstellingen. Dit WRR-rapport biedt de strategische benadering in een mondiaal perspectief, die het mogelijk maakt in het beleid de juiste keuzes op het juiste moment te maken. Met dit rapport bouwt de raad voort op een traditie van milieurapporten (WRR 1994; 2002; 2003b).

1.3 VRAAGSTELLING VAN HET RAPPORT

Dit rapport stelt zich de vraag *hoe Nederland als lidstaat van de Europese Unie een effectief klimaatbeleid kan voeren vanuit een wereldwijd en strategisch perspectief.* Zonder wereldwijd perspectief is elk klimaatbeleid immers bij voorbaat gedoemd te mislukken. Een effectief klimaatbeleid is lastig te verwezenlijken, omdat de beleidsomgeving zich kenmerkt door een lange tijdshorizon en tegelijk uiterst complex is. Bij die complexiteit gaat het om de volgende aspecten: (a) de grote onzekerheden in de kennis over het klimaatsysteem; (b) de extreme traagheid van het klimaatsysteem; (c) de mondiale omgeving; (d) de nadruk op economische groei, vooral in de armere landen, waardoor emissies eerder toe- dan afnemen; (e) de sterk uiteenlopende belangen van de diverse landen; en (f) de moeizaam of zelfs niet tot stand komende wereldwijde coördinatie door te zwakke of perverse prikkels.

Het gaat de raad niet alleen om de effectiviteit van klimaatbeleid, maar ook om de doelmatigheid ervan. Bij effectiviteit staat de vraag centraal of men de gestelde doelen kan realiseren, bij doelmatigheid is het de vraag of men die doelen tegen zo laag mogelijke kosten weet te halen. Een gebrek aan doelmatigheid betekent dat men 'de dingen niet goed doet', hetgeen kan worden opgelost door te kiezen voor beschikbare goedkopere oplossingen. Een gebrek aan effectiviteit (bij gerealiseerde doelmatigheid) wijst op een discrepantie tussen het doel en de beschikbare middelen: het doel is te hoog gegrepen en behoeft bijstelling en/of de beschikbaar gestelde middelen zijn onvoldoende en moeten worden vergroot. Gebrek aan effectiviteit kan dus ook leiden tot een nieuwe afweging tussen het gestelde doel (hier: klimaatbeleid) en andere doelen, alsmede tussen doelen en middelen. Anders gezegd, het kan leiden tot de maatschappelijke vraag of 'de goede dingen gedaan worden': een heroverweging van preferenties waar klimaat er slechts één van is. Reflectie op deze tweede vraag is voor een strategie cruciaal, maar is wel veel lastiger dan op de meer technocratische eerste vraag. In een internationale omgeving ligt dat nog gecompliceerder, omdat op internationaal niveau geen georganiseerde afweging tussen doelen en middelen plaatsvindt. Elk land heeft zijn eigen preferenties en zo kan de EU of Nederland ambities hebben die te zeer afwijken van de preferenties in de mondiale omgeving.

Velen neigen bij klimaatbeleid al snel te denken aan het stoppen van de menselijke invloed op het klimaat. Dat kan echter niet meteen. En indien alle landen in de wereld alsmaar wensen te groeien, worden de benodigde inspanningen alleen maar (snel) groter. In deze optiek is effectiviteit dus het op een aanvaardbaar niveau stabiliseren van de door de mens veroorzaakte CO_2-emissies. Het zal lijken dat dat bepaald geen sinecure is. Dit ook nog eens efficiënt te doen, met z'n allen in de wereld, en spoedig, is een formidabele opgave. Een effectief én efficiënt klimaatbeleid vormt daarmee een veeleisende ambitie.

Ambitie dient wel samen te gaan met realisme. Dat betekent dat we die eigenschappen van de omgeving die moeilijk beïnvloedbaar zijn, als een gegeven moeten beschouwen. De ambitie is dan om binnen die beperkende omgeving zo doelgericht mogelijk te werken, onder andere door het beïnvloeden van de voorkeuren en het gedrag van de andere spelers. Door uit te gaan van de belangen van de diverse spelers en die serieus te nemen, wordt de kans groter dat in een nietvolmaakte wereld van internationale verhoudingen toch een effectief beleid kan worden gevoerd.

De raad gaat uit van een pragmatische benadering, omdat die invalshoek de meeste kans op succes biedt. Dat betekent dat een morele invalshoek zo veel mogelijk gemeden wordt. Overigens is beleid altijd normatief, omdat het voorkeuren wil realiseren, maar die voorkeuren worden niet altijd universeel gedeeld. Weliswaar kunnen op ethische gronden normatieve keuzen worden gefundeerd over een te voeren intergenerationeel beleid en kunnen de redeneringen die daaraan ten grondslag liggen worden gebruikt in het internationale onderhandelingsproces, maar dat proces kan daarvan beter niet afhankelijk worden gemaakt. In het internationale onderhandelingsspel spelen belangen vaak een grotere rol dan moraal of rechtvaardigheid, zij het dat die belangen wel onveranderlijk met een beroep op moraal en rechtvaardigheid worden behartigd.

En ten slotte is het in een beleidsrapport goed een onderscheid te maken tussen gebeurtenissen en fysische processen enerzijds en beleidsacties anderzijds (Shearer 2005). Fysische wetten worden niet door mensen beïnvloed, maar vormen de omgeving waarin mensen actie ondernemen. Het klimaat als fysisch probleem is een studieobject voor de natuurwetenschappen. Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) vormt het platform waar deze kennis beschikbaar wordt gemaakt. In Nederland dragen instituten als het KNMI en het MNP bij aan de internationale kennis over het klimaat en over de gevolgen van klimaatverandering. Op dit terrein heeft de WRR niets toe te voegen. Dit rapport beperkt zich tot de beleidskeuzen binnen de fysische omgeving. Dat beleid kan gericht zijn op beïnvloeding van die omgeving, maar ook op de kansen en bedreigingen vanuit de (natuurlijke en menselijke) omgeving.

1.4 OPLOSSINGSRICHTINGEN

Het klimaatprobleem kan men in beleidsmatige zin opdelen in drie hoofdcomponenten, die elk bijdragen aan de probleemoplossing en zijn op te vatten als deelproblemen: (1) aanpassing aan de klimaatverandering, (2) emissiereductieroutes om de klimaatverandering te temperen en (3) internationale coördinatie om die emissiereductieroutes te realiseren. Men dient bij de oplossingsrichtingen eerst en vooral te denken aan een wereldwijde strategie op lange termijn, het aanpassingsbeleid deels uitgezonderd. Denkt men hoofdzakelijk in enge Europese – laat staan Nederlandse – termen, dan kan het wereldklimaatprobleem nooit tot een oplossing komen. Binnen de mondiale strategie kan vervolgens voor de EU, en voor Nederland, een beleidsstrategie worden afgeleid.

(1) Aanpassing

Het klimaat verandert ook als emissiereductie succesvol tot stand wordt gebracht. Emissiereductie vertraagt die verandering en verlaagt het eindniveau van de temperatuurstijging, maar voorkomt veranderingen niet. Klimaatbeleid zal daarom moeten bestaan uit een mix van aanpassing aan veranderingen en emissiereductie. Nederland zal zich dus moeten aanpassen. Dat geldt eens te meer wanneer mondiale coördinatie niet of niet voldoende tot stand komt.

Een investering in aanpassing aan klimaatverandering komt met grotere zekerheid ten goede aan de eigen regio dan een forse lokale investering in emissiereductie die het mondiale klimaat uiteindelijk slechts een beetje begunstigt. Dat maakt het gemakkelijker belanghebbenden voor aanpassing te mobiliseren. Dit is een groot voordeel boven emissiereductiebeleid, dat taaie internationale coördinatie vereist om het *free rider*-effect te beteugelen. Op het eerste gezicht is aanpassing aan een veranderend klimaat dus een optie die de moeite van evaluatie waard is. Toch is dat tot nu toe te weinig gebeurd.

(2) Emissiereductieroutes

Welvaartsgroei betekent groeiend energiegebruik en in de huidige situatie ook emissiegroei van CO_2. Welvaartsontwikkeling in combinatie met minder CO_2-uitstoot moet dus in belangrijke mate worden gerealiseerd door het verhogen van de energie-efficiëntie. In veel gevallen is dit een *no regret*-beleid, dat wil zeggen: een beleid dat sowieso aantrekkelijk is, ook zonder klimaatprobleem, onder andere vanuit de oogpunten van energiezekerheid en kostenbesparing. Dat wil overigens niet zeggen dat *no regret*-beleid 'gratis' is, de *cost* gaat wel uit voor de *baet*.

De wereld zal, met de OESO-landen voorop, moeten bereiken dat welvaartsgroei samengaat met een reductie van emissies van broeikasgassen. Ervan uitgaande dat het huidige emissieniveau veel te hoog is voor stabilisatie van het klimaat op de lange termijn, zullen technologieontwikkeling en verandering van de energiemix ervoor moeten zorgen dat de verbetering van de emissie-efficiëntie de groei van de wereldbevolking en die van de welvaartsgroei per hoofd voldoende overtreft.

Technologie zal zo cruciaal blijken te zijn dat daarbij geen taboes kunnen worden gehanteerd. Dit rapport onderzoekt daarom ook het gebruik van kolen en de toepassing van kernenergie. Veranderingen in de energiemix gaan betrekkelijk langzaam, omdat ze zijn verbonden met lang meegaande investeringen in infrastructuur. Bij technologie moet men een onderscheid maken tussen diffusie van bestaande technologie en ontwikkeling van nieuwe technologie.

Diffusie van beschikbare technologie naar opkomende economieën kan ervoor zorgen dat deze landen het historische energie-intensieve pad van het Westen overslaan ten gunste van een pad van economische groei op basis van veel hogere energie-efficiëntie. Emissiereductietechnologieën zullen dus toepasbaar moeten zijn in opkomende economieën, wil een mondiaal emissiereductiebeleid een succes kunnen worden.

Maar er is ook vrij radicale innovatie nodig, want het is evident dat op langere termijn transities nodig zijn naar nieuwe vormen van energie en productie en dat er (vooralsnog) geen *silver bullets* zijn die het probleem afzonderlijk kunnen oplossen. Het is aan de rijke landen om te zorgen dat de innovatie tot stand komt die nodig is voor de verbeterde emissie-efficiëntie en de transitie naar een volledig nieuw, emissiearm energiesysteem.

(3) Coördinatie en onderhandeling

Waar de broeikasgassen worden uitgestoten, is voor het klimaat irrelevant. Ze cumuleren in de atmosfeer en het is de voorraad broeikasgassen die het klimaat beïnvloedt. Markten zijn niet in staat de externe effecten van emissie in voldoende mate te internaliseren en zullen zonder ingrijpen minder technologie, innovatie en diffusie voortbrengen en minder veranderen in de energiemix dan vanuit klimaatoogpunt gewenst is. Er is dus gecoördineerd beleid nodig. Dit coördinatieprobleem valt uiteen in drie onderscheiden maar in de praktijk gerelateerde deelproblemen, namelijk ontwikkeling, verdeling en allocatie.

- *Ontwikkeling.* Ongeveer driekwart van de wereldbevolking woont in zich arme of industrialiserende landen. Indien deze landen een ontwikkelingspad zouden volgen zoals de OESO-landen dat eerder hebben gedaan, wordt het klimaatprobleem nog onbeheersbaarder, omdat de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen snel zou toenemen, hoe effectief de OESO-landen zelf hun eigen emissiereductie ook zouden bewerkstelligen.
- *Verdeling.* Klimaatbeleid kost economische groei, zodat het vooral aantrekkelijk is als andere landen een klimaatbeleid voeren. Via onderhandeling zullen landen een systeem van lastenverdeling moeten realiseren dat voor elk van de partijen acceptabel is.
- *Allocatie.* De benodigde innovatie en diffusie moet op zo doelmatig mogelijke wijze tot stand worden gebracht. Dit vereist dat eerst de goedkoopste en pas daarna de duurdere opties worden gebruikt. Dat lijkt vanzelfsprekender dan het is.

1.5 OPBOUW VAN HET RAPPORT

Voor een goed begrip van het klimaatprobleem is enige achtergrondkennis over klimaat, klimaatbeleid en de Kyoto-benadering essentieel. *Hoofdstuk 2* geeft een beknopte schets van die noodzakelijke achtergrondkennis, zonder pretentie van volledigheid. Verder gaat het hoofdstuk in op de afwegingsvraagstukken die in het klimaatbeleid spelen. De onzekerheid ten aanzien van het klimaatbeleid wordt benadrukt en de grenzen van een benadering waarin kosten en baten van beleid worden benoemd en gewogen, komen ter sprake. Ook komt de toepasbaarheid van het voorzorgsbeginsel voor het klimaatbeleid aan de orde. Ten slotte geeft dit hoofdstuk samenvattingen van het huidige klimaatbeleid van Nederland en de EU. De ingevoerde lezer kan dit hoofdstuk overslaan en direct doorbladeren naar hoofdstuk 3. Aangezien men jargon niet helemaal kan vermijden, is achterin het rapport een verklarende woordenlijst toegevoegd.

Hoofdstuk 3 behandelt de aanpassing aan een veranderend klimaat. Aanpassing is in het beleid ondergeschikt gebleven. Aanpassingskosten zijn voorheen (te) lang als argument gebruikt om de noodzaak van emissiereductie te beargumenteren. Maar aanpassing als optie is niet op voorhand tweede keus, al was het maar omdat klimaatverandering niet alleen nadelen maar ook voordelen met zich meebrengt. Bovendien is er, gegeven de internationale diversiteit van belangen en prioriteiten, een reële kans dat internationaal gecoördineerd emissiereductiebeleid niet of niet voldoende van de grond komt.
Vanuit aanpassingsoogpunt is de wereldwijde klimaatverandering bovenal een regionaal probleem: de effecten zijn overal, maar ze worden plaatselijk gevoeld, verschillen lokaal en de aanpassingslasten worden lokaal gedragen. De invalshoek bij aanpassing is primair regionaal, omdat de vraagstelling zich tot de Nederlandse (Europese) positie beperkt. Voor Nederland (Noordwest-Europa) zal blijken dat aanpassing vooral waterbeleid betekent. Daarnaast vormt aanpassing ook een mondiaal probleem, omdat de arme landen over onvoldoende vermogen beschikken om een effectief beleid (tijdig) door te voeren en steun gerechtvaardigd is.

Hoofdstuk 4 behandelt de mondiale strategische routes voor emissiereductie. De invalshoek is hier primair mondiaal, omdat het voor het klimaat niet uitmaakt waar emissies (en hun reducties) plaatsvinden. De vraag van dit hoofdstuk is hoe groot de mondiale uitdaging is waaraan men het hoofd moet bieden, wat de belangrijkste emissiereductieroutes zijn en in welke regio's welke opties men het meest kosteneffectief kan toepassen. Die vragen kunnen en moeten worden losgekoppeld van de uiteindelijke lastenverdeling. Het gaat in dit hoofdstuk primair om de vraag hoe een euro voor emissiereductiebeleid het beste kan worden besteed en derhalve om de vraag naar het milieupotentieel en de kosteneffectiviteit van diverse opties. Voorts is de timing belangrijk. Het hoofdstuk mondt uit een strategievoorstel.

Hoofdstuk 5 behandelt de internationale coördinatie. De invalshoek is primair wereldwijd en moet dat ook zijn. Mondiaal gaat het erom de technieken uit hoofdstuk 4 op effectieve wijze toegepast te krijgen. De huidige voortrekkers van internationale coördinatie van emissiereductie – Japan en de EU – zijn nu al niet in staat de jaarlijkse netto mondiale uitstoot beslissend te beïnvloeden, zelfs niet als ze daaraan een absolute prioriteit boven al het andere zouden toekennen. Europa zal zijn eigen belangen in dit krachtenveld moeten bewaken, maar zal ook bereid moeten zijn om, waar dat nodig is, via de verdeling van lasten de onderlinge belangenverhouding te beïnvloeden.
Alleen via gedeelde belangen kunnen landen een effectieve en stabiele samenwerking tot stand brengen. Coalitievorming en leiderschap staan daarbij centraal. Er worden suggesties gedaan om de wereldwijde coördinatie enigszins te institutionaliseren, teneinde de transactiekosten te verlagen en de gunstige werking van probleemeigenaarschap te bevorderen.
Het zal blijken niet alleen rationeel te zijn, maar zelfs onafwendbaar om naast de Kyoto-route ook andere benaderingen te onderzoeken.

Het rapport sluit af met een concluderend *hoofdstuk 6*, dat de mondiale benadering uit de hoofdstukken over emissiereductieroutes en coördinatie verbindt met het Nederlandse beleid. Nederlands beleid is het meest zinvol als het zich richt op een slimme combinatie van Nederlandse aanpassing en effectieve mondiale emissiereductie en coördinatie. Voor een klein land komt het eropaan *realpolitik* te verbinden met een ambitieuze en creatieve opstelling die eropuit is effectieve oplossingen op mondiaal niveau te bevorderen en die mede daardoor andere spelers meetrekt in de verwezenlijking van die oplossing.

2 PROBLEEMINVENTARISATIE EN BELEID

Er zijn serieuze aanwijzingen dat er een klimaatprobleem is, al bestaat daarover geen zekerheid. Verwijzend naar het voorzorgsbeginsel zijn de aanwijzingen te sterk om te negeren, waarmee de vraag naar een verstandige mate van voorzorg overigens nog niet is beantwoord. Onderzoek van gerenommeerde wetenschappers en instituten naar het klimaatprobleem is er in overvloed. Dit rapport zou daar weinig aan toevoegen. Dit hoofdstuk beoogt daarom slechts summier de aard en omvang van het klimaatprobleem te schetsen, alsmede een beeld te geven van het klimaatbeleid op dit moment.

Paragraaf 2.1 geeft de huidige stand van de kennis over het klimaat weer. Paragraaf 2.2 belicht de omvang van het klimaatprobleem en de beschikbare oplossingsrichtingen, die op zichzelf kunnen worden opgevat als antwoorden op deelproblemen. Die oplossingsrichtingen moeten echter wel in een optimale beleidsmix worden nagestreefd. Daarom besteedt paragraaf 2.3 aandacht aan de afwegingsproblemen die ontstaan bij een pragmatische beleidskeuze. Paragraaf 2.4 laat zien dat het tot nu toe gevoerde klimaatbeleid hooguit als een eerste stap kan worden opgevat, op mondiaal niveau, maar ook op Europees en Nederlands niveau. Paragraaf 2.5 sluit af met een conclusie.

2.1 KENNIS OVER HET KLIMAAT

2.1.1 ANTROPOGENE TEMPERATUURSTIJGING

De kennis over het klimaat en over de menselijke invloed daarop is nog incompleet, maar neemt toe. Dit rapport gaat uit van de wetenschappelijke inzichten zoals die zijn geïnventariseerd in het Third Assessment Report (TAR) van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001), aangevuld met recente inzichten, zowel mondiaal (Levin en Persching 2006) als specifiek voor Nederland (MNP 2005; Rooijers et al. 2004). Volgens de huidige inzichten zal zonder klimaatbeleid het mondiale temperatuurgemiddelde tot 2100 met 1,4 °C tot 5,8 °C stijgen ten opzichte van 1990. In dat jaar was de temperatuur al circa 0,6 °C gestegen ten opzichte van 1850.

De onzekerheidsmarge in de temperatuurstijging heeft twee hoofdoorzaken. In de eerste plaats is er onzekerheid over de mondiale toename van broeikasgasemissies. Energiegebruik en de mate waarin daarvoor een beroep wordt gedaan op fossiele brandstoffen spelen daarin een sleutelrol, maar naast CO_2 zijn er nog veel andere broeikasgassen (GHG's), waarvan methaan kwantitatief de belangrijkste is. Het energiegebruik wordt in belangrijke mate beïnvloed door de economische groei, met name in zich ontwikkelende economieën. Het IPCC heeft verschillende verhaallijnen ontwikkeld die door wetenschappers zijn vertaald in emissiescenario's (zie het Special Report on Emissions Scenarios (SRES)). Met name over de groeiveronderstellingen is discussie ontstaan (zie tekstbox 2.1). De tweede

oorzaak ligt in de onzekerheid over de terugkoppelingseffecten, de zogenoemde klimaatgevoeligheid. Daardoor is het onzeker hoe groot precies de invloed van een additionele ton CO_2 in de atmosfeer is. Paragraaf 2.1.4 gaat hier dieper op in.

Het tempo van de huidige verandering is hoog. De CO_2-concentratie is sinds het begin van de industrialisering sterk gestegen en is sinds 420.000 jaar niet zo hoog geweest als nu. De concentraties van CO_2 en andere GHG's in de atmosfeer en de menselijke invloed op die concentraties geven in de nieuwe klimaatmodellen, samen met de invloed van uiteenlopende verstorende factoren zoals vulkaanuitbarstingen en zonneactiviteit, een redelijk adequate verklaring van het fysieke klimaat. De voorlopige conclusie daaruit is dat de huidige klimaatverandering in hoge mate antropogeen is. Dat wil overigens niet zeggen dat de menselijke invloed per definitie ongewenst is, noch dat het klimaat van nature stabiel zou zijn.[1]

Het goede nieuws is dat die klimaatverandering daarmee ook vatbaar is voor beïnvloeding. Het slechte nieuws is echter dat voor een stabiel niveau van CO_2-equivalenten (de gezamenlijke benoeming van CO_2 en andere GHG's; zie verder hoofdstuk 4) de emissies ver beneden het 1990-niveau moeten liggen, terwijl de mondiale trend voorlopig nog krachtig opwaarts is. De voorziene mondiale bevolkingsgroei van 6 naar 9 miljard mensen verkleint het mondiale emissiebudget per hoofd van de bevolking, terwijl welvaartsgroei juist een groter budget per capita vraagt. Bevolkingsdruk en consumptie zijn, zeker in zich ontwikkelende landen, niet of hoogstens binnen zeer beperkte marges stuurbaar.

Tekstbox 2.1 De kritiek van Henderson en Castles op het Third Assessment Report

Henderson en Castles (2002) hebben de scenarioaanpak van het IPCC van kritiek voorzien. Twee variabelen bepalen op lange termijn de omvang van de CO_2-emissies, namelijk de economische groei en de emissie per eenheid nationaal product. In de IPCC-scenario's (met name het volgens het IPCC 'optimistische' B1-scenario) wordt aangenomen dat de mondiale welvaart convergeert doordat de inkomensachterstand van zich ontwikkelende landen op ontwikkelde landen wordt ingelopen. Het eerste kritiekpunt van Henderson en Castles is dat de inkomensachterstand ver (met circa een factor 4) is overschat door een methodologische fout.[2] Dit resulteert in onrealistische groeivoeten voor ontwikkelende landen, die ertoe leiden dat de welvaart aldaar aan het eind van de 21e eeuw volgens de gehanteerde scenario's veel hoger zou zijn dan in de ontwikkelde landen. Het tweede kritiekpunt is dat de initiële energie-intensiteit door de foutieve berekening van het welvaartsniveau is overschat.[3]
Henderson en Castles onderbouwen hun methodologische kritiek verder door de implicaties van de IPCC-scenario's te toetsen aan de historische ontwikkeling. De aangenomen groeivoeten leiden voor heel Azië over een eeuw tot een groei met een factor 70 tot 140, terwijl een dergelijke groei nooit door welk land dan ook is behaald (Japan bijvoorbeeld groeide in de twintigste eeuw met een factor 20; de VS in de negentiende eeuw met een factor 5). De CO_2-emissie per hoofd daarentegen is in het Verenigd Koninkrijk over de twintigste eeuw min of meer constant gebleven, ondanks de economische groei.

De impact van de kritiek van Henderson en Castles is minder groot dan op het eerste gezicht lijkt, omdat de SRES-scenario's ook uitgaan van convergentie van de energie-intensiteit van het nationaal product en de CO_2-intensiteit van de energie,[4] waardoor de emissie per bruto wereldproduct daalt en de totale emissie veel minder snel groeit dan het welvaartsniveau. McKibbin et al. (2004) schatten dat de uiteindelijke invloed van de methodologische veronderstellingen op de CO_2-emissies kan oplopen tot circa 40 procent in 2100. Anderen (bijvoorbeeld Manne en Richels 2003; Holtsmark en Alfsen 2004a) schatten het effect veel kleiner in.
De belangrijkste les uit de kritiek van Henderson en Castles betreft wellicht de omvang van de onzekerheid in modellen over een lange termijn, zoals overigens genoegzaam blijkt uit de breedte van de scenario's van het IPCC. Scenario's over een lange termijn die zijn gebaseerd op veronderstelde lineaire of exponentiële verbanden kunnen haast niet anders dan uit de hand lopen, omdat op de lange termijn de fouten in de veronderstelde verbanden cumuleren. Gematigde divergentie ontstaat slechts indien verschillende groeivoeten (in dit geval welvaartsgroei en CO_2-intensiteit van het nationaal product) elkaar (gedeeltelijk) compenseren. Met andere woorden: er is onzekerheid over zowel de economische groei als over de CO_2-intensiteit daarvan, maar het gaat om het verschil ertussen en de onzekerheid daarover is nog aanzienlijk groter.

2.1.2 GEVOLGEN VOOR ZEESPIEGEL EN WEERPATRONEN

De temperatuurstijging in de atmosfeer veroorzaakt opwarming van de oceanen. Door thermische expansie stijgt de zeespiegel. Dit effect wordt nog versterkt door het geleidelijk afsmelten van de Zuidpoolkap en van Groenland.[5] De zeespiegelstijging zorgt ervoor dat de risico's van overstroming en verzilting toenemen, niet alleen aan de kust maar ook in riviergebieden, doordat de afwateringsmogelijkheden verminderen. Voor de periode tot 2100 wordt gerekend met een zeespiegelstijging van 20 tot 110 centimeter (MNP 2005). De grote onzekerheidsmarge wordt bepaald door de onzekerheid over de te verwachten temperatuurstijging, en wordt verder vergroot door onzekerheid over de doorwerking daarvan in de secundaire processen. Hier speelt de beperkte kennis van het systeem een veel grotere rol dan bij de vraag naar de mate van opwarming in relatie tot de CO_2-concentratie. Naast de stijging van het zeeniveau wordt in Nederland een daling van de bodem verwacht. Dat proces van bodemdaling is al langdurig gaande, maar de uiteindelijke omvang van de verwachte bodemdaling is toch nog met veel onzekerheid omgeven (WB21 2000b).

Bij een hogere temperatuur neemt daarnaast de verdamping toe, hetgeen leidt tot een hoger gemiddeld neerslagniveau. Zowel de temperatuurstijging als de verandering in het neerslagniveau zal niet overal even groot zijn. Er zijn dus sterk uiteenlopende lokale effecten. Recente studies (Hassol 2004) wijzen op een meer dan gemiddelde temperatuurstijging in het Noordpoolgebied, waardoor het afsmelten van het ijs op Groenland mogelijk versnelt. De verwachte neerslag laat nog grotere regionale variaties zien. Voor Nederland houdt het KNMI rekening met een sterk vergrote kans op extreme winterneerslag (zie tabel 2.1), zowel in intensiteit als in frequentie van extremen. Samen met de zeespiegelstijging veroorzaakt dat een vergrote overstromingskans in het rivierengebied.

Tabel 2.1 Klimaatscenario's voor Nederland in 2100 op basis van mondiale klimaatverandering IPCC-scenario's (toename ten opzichte van 1990)

	Temperatuurstijging		
Gevolgen voor	1 °C	2 °C	4-6 °C[a]
Zomerneerslag	1%	2%	4%
Winterneerslag	6%	12%	25%
Neerslagintensiteit[b]	10%	20%	40%
Zomerverdamping	4%	8%	16%
Zeespiegel[c]	20 cm	60 cm	110 cm

a Het bereik geeft aan dat de neerslageffecten min of meer onveranderlijk zijn in dit temperatuurgebied.

b Zowel buien als 10-daagse neerslagsom.

c De te verwachten bodemdaling is hierbij al opgeteld.

Bron: KNMI (2003)

De onzekerheid over de regionale verdeling van klimaateffecten is aanzienlijk. Ook voor de vaak genoemde te verwachten toename van turbulentie in weerpatronen bestaat maar een zeer beperkte onderbouwing.[6] Klimatologen brengen een hogere NAO-index (Noord-Atlantische Oscillatie) in verband met het broeikaseffect, hetgeen zou kunnen leiden tot meer lagedrukactiviteit bij de Azoren en meer stormen. Maar in de afgelopen eeuw is zo'n trend niet zichtbaar. Áls in Nederland in de afgelopen halve eeuw een verandering in de frequentie van stormen aanwijsbaar is, laat figuur 2.1 zien dat die trend wijst op een afname van het aantal stormen per jaar (KNMI 2003).[7] Gegevens van het KNMI over de windrichting laten bovendien zien dat, áls er een trend is in de windrichting bij stormachtige wind, deze in de afgelopen eeuw tendeert naar een kleiner aandeel van stormen uit het noordwesten, de richting die het meest bedreigend is voor de Nederlandse kust. Er is geen enkele garantie dat zulke trends ook naar de toekomst kunnen worden doorgetrokken, maar de empirie geeft geen aanwijzingen voor het tegendeel. Bovendien zeggen de gegevens over Nederland weinig tot niets over de relatie tussen klimaatverandering en stormen in het algemeen.

2.1.3 EEN TRAAG SYSTEEM

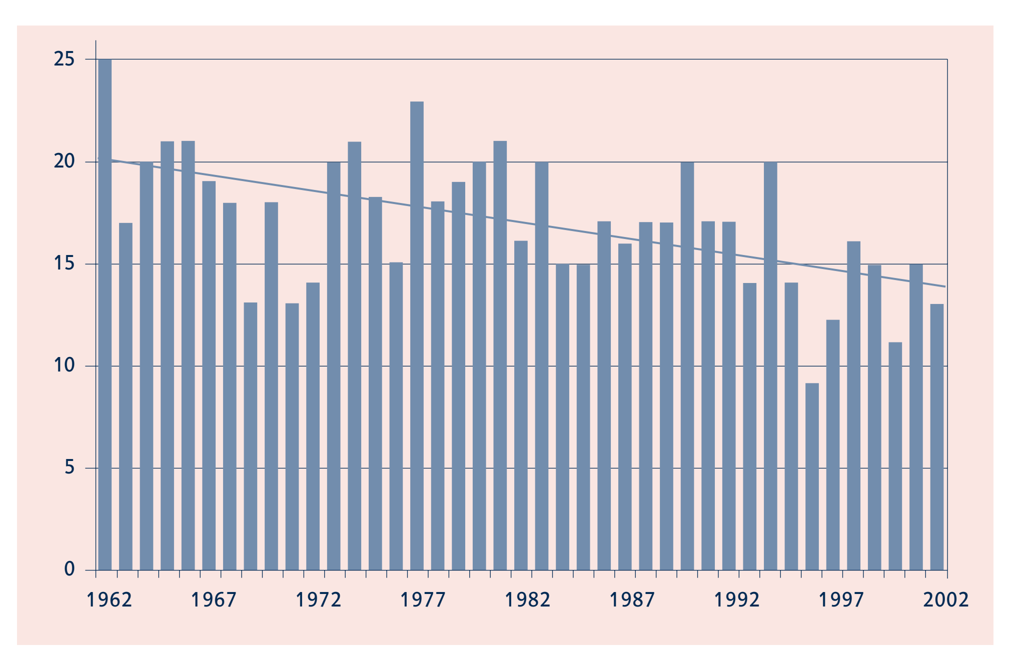
Het mondiale klimaatsysteem reageert zeer traag op veranderingen in emissiepatronen.

In de eerste plaats reageert de CO_2-concentratie vertraagd op veranderingen in emissiepatronen. Dat komt doordat de menselijke activiteit (circa 6 gigaton koolstof (GtC) per jaar in 2000) slechts circa 4 procent van de mondiale jaarlijkse natuurlijke koolstofkringloop omvat en doordat de meeste GHG's gedurende lange tijd in de atmosfeer aanwezig blijven.[8] De gestage toevoeging (GHG-stroom) van broeikasgas aan de atmosfeer cumuleert langzaam in een stijgende

concentratie (geaccumuleerde emissie). Dat tempo wordt verder vertraagd doordat bij een hogere CO_2-concentratie ook de opnamecapaciteit groeit. Voor de andere GHG's geldt een analoge redenering.
In de tweede plaats reageert de temperatuur vertraagd op veranderingen in de atmosferische concentraties. Dat komt doordat de concentratie een verandering in de energiebalans veroorzaakt (energiestroom) die leidt tot een geleidelijke temperatuurstijging (geaccumuleerde warmte). De oceanen en ijskappen vertegenwoordigen een enorme warmtecapaciteit, terwijl het proces bovendien wordt vertraagd doordat bij een hogere temperatuur ook de uitstraling van de aarde toeneemt. Er is dus een dubbele vertraging van een stroomgrootheid naar een voorraadgrootheid, waarbij de tweede stroom wordt bepaald door de eerste voorraad.

In dit trage systeem werken verstoringen lang door en is het eindresultaat van veranderingen in het emissiepatroon pas na eeuwen bereikt. De netto-emissies zijn het saldo van toegevoegde CO_2-equivalenten, bijvoorbeeld door verbranding van fossiele brandstoffen, en opname, bijvoorbeeld in biomassa. Ook bij een *daling* van de netto-emissies gaat de ingezette temperatuur*stijging* nog lang door, doordat een daling van de netto-emissies pas op termijn tot herstel van de energiebalans leidt, aangezien de energiebalans niet door de emissiestroom maar door de GHG-voorraad wordt bepaald. Het voorgaande impliceert wel dat een vergaande onbalans in de CO_2-huishouding van de planeet op lange termijn hoe dan ook een onhoudbare situatie oplevert.

Figuur 2.1 Het aantal stormen per jaar in Nederland



Bron: KNMI (2003); trendlijn WRR

Als gevolg van de traagheid is het jaar 2100 voor de uiteindelijke temperatuur geen eindpunt in de projecties. Stabilisatie wordt pas bereikt over een periode van enige eeuwen, afhankelijk van de uiteindelijke concentratie. Bij een uiteindelijke CO_2-concentratie van 550 respectievelijk 1000 parts per million volume (ppmv) bedraagt de temperatuurstijging tweehonderd jaar na het pieken van de emissies (in circa 2015 respectievelijk 2080) naar schatting nog steeds 0,1 °C respectievelijk 0,5 °C per eeuw. De respons van het zeeniveau is nog trager. De halfwaardetijd van deze respons bedraagt circa vijfhonderd jaar. Dat wil zeggen dat na vijfhonderd jaar pas de helft van het uiteindelijke effect van een verandering is gerealiseerd.

2.1.4 GROTE ONZEKERHEID OVER FEEDBACKPROCESSEN

In historisch-geologisch opzicht is de waargenomen en verwachte klimaatverandering niet groot. Onze planeet heeft CO_2-concentraties en methaanconcentraties meegemaakt die een veelvoud waren van de huidige bij een nagenoeg zuurstofloze atmosfeer (Kasting 2004). Ook de temperatuur heeft zeer verschillende waarden aangenomen (De Vries 2004). Er zijn ijstijden geweest, maar ook liepen er mosasaurussen rond in Maastricht. Een deel van de onzekerheid komt voort uit gebrek aan kennis over de huidige omvang van *sources* (uitstoot) en *sinks* (absorptie) van GHG's, maar minstens zo belangrijk zijn de dynamische effecten.

Het klimaat is een complex dynamisch systeem met uiteenlopende quasi-stabiele toestanden. Complex dynamisch wil zeggen dat het systeem zichzelf beïnvloedt via feedback, zodat het niet lineair reageert op invloeden van buiten, waardoor in de wereld van mogelijke klimaattoestanden meerdere lokale evenwichten kunnen bestaan: vergelijk een kano die zowel recht als ondersteboven in een quasi-stabiele toestand ligt. Daaruit mag niet de snelle conclusie worden getrokken dat menselijke invloed er niet toe doet; integendeel, menselijke invloed kan het systeem naar een alternatieve stabiele toestand duwen, waarin het systeem vervolgens lange tijd kan blijven hangen (Alley 2004). Weliswaar hebben transities zich gemeten naar de historisch-geologische schaal soms snel voltrokken, dat tempo was toch relatief traag ten opzichte van het tempo waarin mensen nu het klimaat beïnvloeden.

De kennis over de natuurlijke feedbackprocessen moet voornamelijk via modellering en extrapolatie worden verkregen. Verschillende feedbackprocessen kunnen versterkend dan wel remmend werken. Negatieve feedback (bijvoorbeeld thermostaat) werkt stabiliserend. Een voorbeeld van negatieve feedback is toenemende CO_2-absorptie in natuurlijke *sinks* bij een hogere CO_2-concentratie en hogere temperatuur en vochtigheid. In het algemeen overheerst de negatieve feedback, om de eenvoudige reden dat systemen niet lang in een instabiele toestand blijven (een beker boven op een deur blijft niet lang staan). Positieve feedback (bijvoorbeeld stuurbekrachtiging) werkt destabiliserend en *kan* ervoor zorgen dat het systeem over een drempel in een alternatieve stabiele toestand raakt (de kano slaat om). De hydrologische kringloop verandert bijvoorbeeld bij

een hogere temperatuur, waarbij meer waterdamp in de atmosfeer komt. Dat zorgt behalve voor een toenemende neerslagintensiteit ook voor enerzijds extra broeikaseffect, maar anderzijds ook voor extra energie-uitstraling naar de ruimte via energietransport naar de atmosfeer.

Het laatste voorbeeld in de voorgaande alinea laat zien dat klimaatmodellen werken met complex samengestelde feedbackprocessen waarvan de richting per saldo niet op voorhand vastligt, doordat een relatief klein saldo bepaald wordt door een samenstel van veel omvangrijker tegengestelde effecten.[9] Modellen worden incrementeel gebouwd. Wanneer de modeluitkomsten afwijken van de empirie, worden nieuwe aspecten aan het model toegevoegd die de discrepantie verminderen. Deze zogenoemde kalibratie is dus haast per definitie een eclectisch proces. Hoe kleiner het te verklaren effect in verhouding tot de oorzaken en hoe groter het aantal vrijheidsgraden, des te gemakkelijker kan via kalibratie met een model de werkelijkheid nagebootst worden zonder dat dit model ook daadwerkelijk een causaal (volledig) juiste modellering is.[10] De grote mate van onzekerheid over de juiste modellering draagt ertoe bij dat de waaier van modelmatig voorspelde klimaateffecten zoals geïnventariseerd door het IPCC zeer breed is en dat er zelfs geen volledige eensgezindheid bestaat over wat oorzaak en wat gevolg is (zie bijvoorbeeld Rörsch et al. 2005). Ook de opvattingen over het aandeel van alternatieve verklaringen zoals de zonnevlekkencyclus zijn nog niet geheel uitgekristalliseerd. Het zogenoemde hockeystick-debat (zie tekstbox 2.2) laat zien hoe de onzekerheid instrumenteel gebruikt wordt in het politieke debat.

Figuur 2.2 Variatie in temperatuur in de laatste duizend jaar

Bron: IPCC (2001)

Tekstbox 2.2 De hockeystick

De hockeystick verwijst naar de vorm van de grafiek in figuur 2.2. De grafiek suggereert een min of meer stabiel klimaat in de afgelopen duizend jaar, gevolgd door een sterke temperatuurstijging in de tweede helft van de twintigste eeuw. De boodschap dat de opwarming in het afgelopen millennium zonder precedent is, is indringend en geldt als belangrijk bewijs voor het bestaan van het door mensen veroorzaakte klimaatprobleem.

Rondom deze hockeystick heeft zich de afgelopen jaren een wetenschappelijk en journalistiek debat afgespeeld dat laat zien hoe wetenschap en politiek met elkaar interacteren. Een figuur als deze komt tot stand door een gecompliceerd proces van bewerking en vergelijking van uiteenlopende en onvolledige waarnemingen. Na de publicatie van het TAR was er al snel wetenschappelijke onenigheid over de databewerking door Thomas Mann, auteur van de grafiek. Het opmerkelijke is dat er, ondanks de wetenschappelijke onenigheid over de databewerking, onder de desbetreffende wetenschappers geen verschil van mening bestaat over de recente opwarming; het wetenschappelijk geschil gaat over de mate van klimaatstabiliteit vóór 1900. In de media echter gaat het geschil over het al dan niet bestaan van het klimaatprobleem, als een debat tussen 'gelovigen' en 'sceptici'. Ten onrechte, want als McIntyre en McKitrick gelijk hebben, zou dat ook kunnen betekenen dat het natuurlijke klimaat instabieler is dan aangenomen en dat het risico van antropogene emissies groter is in plaats van kleiner. Buiten de kring van wetenschappers is deze discussie dus een volledig eigen leven gaan leiden, waarin het moeilijke wetenschappelijke debat niet alleen is versimpeld, maar ook van inzet is veranderd.

Gebrek aan kennis over feedback brengt de nodige onzekerheid met zich mee over de kwantitatieve relatie tussen emissieniveaus en klimaat – zolang het systeem zich rond het huidige evenwicht beweegt. Het is vrijwel onmogelijk te voorspellen waar de drempel ligt naar een nieuwe stabiele toestand, en derhalve of en zo ja wanneer een *point of no return* wordt bereikt. Bij zo'n gebrek aan kennis is het verstandig terughoudend te zijn met het beïnvloeden van het systeem. In Alley's metafoor: 'Dancing in a canoe is not usually recommended, yet dance we do' – waaraan je zou kunnen toevoegen dat het ook behoorlijk dringen is met zes miljard mensen in een kano.

Het voorzorgsbeginsel zegt dat gebrekkige kennis niet per se betekent dat er geen probleem is. In de eerste plaats is kennis niet geheel afwezig. De wetenschap is verder gevorderd dan ten tijde van het rapport *Grenzen aan de groei* uit 1970. Gebrek aan kennis is een extra motivatie voor onderzoek dat gericht is op beter inzicht in de processen die aan het probleem ten grondslag liggen: het probleem kan zowel groter als kleiner zijn dan naar de huidige inzichten. Er zijn diverse 'slapende reuzen' aanwijsbaar: processen die, eenmaal in gang gezet, niet of moeilijk beheersbaar zouden kunnen zijn (*New Scientist*, 12 februari 2005: 9-11). In de meeste gevallen is er nog maar weinig kennis over de feedbackeffecten en daarmee over de snelheid, omvang en soms zelfs de richting van deze processen. Het gaat om bijvoorbeeld de volgende processen:

- Natuurlijke koolstof-*sinks* die *sources* zouden kunnen worden. Bij een hogere

temperatuur kan het afbreken van organisch materiaal sneller gaan dan de opname. Daardoor komen per saldo, tot een nieuw evenwicht is bereikt, CO_2 en (bij gebrek aan zuurstof) CH_4 vrij. Belangrijk is hier dat de menselijke GHG-productie slechts een klein deel van de natuurlijke koolstofkringloop omvat, waardoor een grote hefboom ontstaat.

- Vrijkomen van CH_4 uit oceanen en ontdooiend permafrost. Het gaat om grote voorraden en de broeikasimpact van vrijkomend methaan is een factor 20 groter dan die van CO_2, waardoor een zichzelf versterkend effect ontstaat (Dickens 2004).[11]
- Stilvallen van de thermohaliene circulatie waaraan we de warme golfstroom danken. Als zoeter en warmer water bij Groenland niet meer afzinkt, kan de Noord-Atlantische circulatie geblokkeerd worden, met een aanzienlijk kouder klimaat in Noord-Europa tot gevolg. De kans op stilvallen van de thermohaliene circulatie is niet nul, maar de aanwijzingen ervoor zijn niet sterk, zij het dat wel een vermindering van de intensiteit gemeten is (RIVM 2005; Yin et al. 2003; Kerr 2005; Levin en Pershing 2006).
- Smelten van de ijskappen van West-Antarctica en Groenland. Volledig afsmelten daarvan is goed voor zo'n 50 meter respectievelijk 7 meter zeespiegelstijging, maar het smeltproces kost duizenden jaren. Toch zou de eerste paar honderd jaar een meter of vijf zeespiegelstijging kunnen optreden. Er zijn echter ook modellen die de ijskappen juist zien aangroeien (Wild et al. 2003). Voor de hoogte van de zeespiegel is de thermische expansie van geleidelijk opwarmend oceaanwater binnen afzienbare termijn belangrijker dan de ijskappen.
- Verzuring van de oceanen. Dit kan omvangrijke ecologische gevolgen hebben (onder meer voor de koraalriffen), maar er is geen duidelijke positieve feedback aanwijsbaar, zodat althans het verzuringseffect (niet per se ook de aangerichte ecologische schade) verdwijnt bij een lagere CO_2-concentratie.
- Uiteenlopende lokale effecten door verandering in regenval. De Sahara zou groener kunnen worden, de Amazone minder nat.

Ook de menselijke activiteit is op te vatten als een onzeker feedbackproces. Naarmate de gevolgen van de economische groei voor het klimaat als ongewenst worden ervaren en er gecoördineerde actie tot stand komt, kan de ontwikkeling gericht worden op meer duurzame technologieontwikkeling, die hetzij gericht is op energiebesparing, hetzij op emissiereductie (of beide). In theorie is ook een verminderde economische groei een mogelijk feedbackeffect, doordat die groei wordt belemmerd door klimaatverandering, of doordat die groei als minder gewenst wordt ervaren. Demografische variabelen (op lange termijn zeer bepalend voor economische activiteit) lijken daar in zekere mate gevoelig voor.

De onzekerheid die veroorzaakt wordt door gebrekkig inzicht in de factoren die het klimaat bepalen, neemt af, maar is zeker niet verdwenen. De meer bedreigende scenario's krijgen relatief veel aandacht zonder dat er duidelijkheid is over de waarschijnlijkheid ervan.

2.2 OMVANG VAN HET PROBLEEM

2.2.1 HET KLIMAATPROBLEEM ALS GEHEEL

De huidige kennis over het klimaat en de menselijke invloed daarop is nog beperkt. Als de nu gangbare informatie over klimaatverandering betrouwbaar is, bestaat er op lange termijn een omvangrijk probleem. De Kyoto-doelstellingen (zie paragraaf 2.4.1) zijn hooguit een eerste stap op weg naar probleemoplossing.

Het klimaatprobleem is tegelijkertijd te groot en te klein. Het is te groot in de zin dat de gevolgen op lange termijn zeer aanzienlijk zijn en de mogelijkheden tot beheersing beperkt zijn. Het is de vraag of, gegeven de huidige stand van zaken op technologisch en internationaal bestuurlijk gebied, het klimaatprobleem oplosbaar is (dus of de 2 °C-doelstelling van de EU realistisch is). In hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 zullen we de technische respectievelijk bestuurlijke mogelijkheden nader onderzoeken. Het zal blijken dat op beide terreinen forse vooruitgang nodig is om de 2 °C-doelstelling te realiseren.
Het klimaatprobleem is daarnaast te klein in de zin dat tot 2050 geen echt bedreigende schadelijke effecten te verwachten zijn. Meestal is voor een *sense of urgency* een dramatische gebeurtenis op korte termijn nodig. Het veranderend klimaat stelt zulke gebeurtenissen op de lange termijn mogelijk in het vooruitzicht, maar dan is het veel te laat om nog iets te ondernemen.

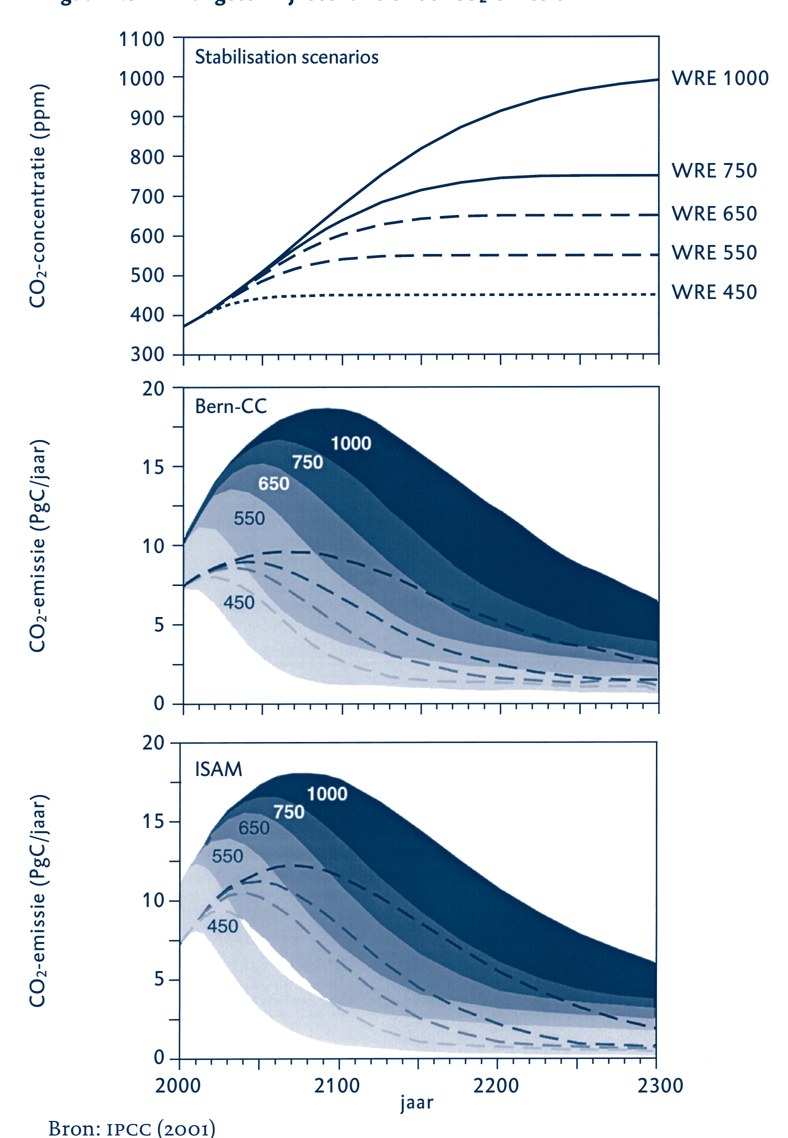
Deze tegenstelling leidt tot een spagaat bij degenen die proberen het klimaatprobleem onder de aandacht te brengen. Om beleidsverlamming te voorkomen worden de te verrichten inspanningen voor probleemoplossing soms kleiner voorgesteld dan ze zijn. Benadrukt wordt dat met beperkte inspanningen kan worden voldaan aan de Kyoto-verplichtingen zonder het volle besef dat deze inspanning hooguit een eerste stap is in de richting van probleemoplossing. De andere kant van de spagaat is dat, om de probleemperceptie te vergroten, tactisch en strategisch onderzoeksresultaten worden uitgevent die laten zien dat de klimaatverandering nu al duidelijk waarneembaar is en kan/zal leiden tot allerhande apocalyptische scenario's – waarbij 'kunnen', 'zullen' en 'zouden kunnen' wel eens door elkaar raken.

De uiteindelijke omvang van het probleem wordt bepaald door de mate van klimaatverandering die acceptabel wordt gevonden. Plaatje A uit figuur 2.3, overgenomen uit het TAR (IPCC 2001), laat zien langs welke paden in de komende drie eeuwen een stabilisatie van de CO_2-concentratie kan worden bereikt op verschillende niveaus, oplopend van 450 tot 1000 ppmv, hetgeen correspondeert met een mondiale temperatuurstijging in het jaar 2300 van 2 tot 5 graden ten opzichte van 2000. Bij alle niveaus gaat de temperatuurstijging ook daarna nog door, maar het meest bij de hoge concentratie van 1000 ppmv.

Plaatjes B en C geven een indruk van de boven- en ondergrens van het bij die langetermijnconcentraties behorende emissieverloop, geschat volgens twee verschil-

lende modellen. In alle scenario's groeit op korte termijn het mondiale emissieniveau en treedt een piek op in de emissies, waarna een daling moet worden ingezet. Hoe eerder dat gebeurt, des te lager zowel het piekniveau als het eindniveau van CO_2-concentratie dat kan worden bereikt. Ook in het 1000 ppmv-scenario ligt de emissie op lange termijn volgens beide modellen beneden het niveau van 2000. De scenario's laten dus zien dat zelfs bij de hoogste concentratie op lange termijn geen groei in de emissie meer toelaatbaar wordt geacht in de IPCC-gemeenschap. Bij de scenario's die door beleidsmakers als doel worden opgevat (450-550 ppmv) ligt de beschikbare mondiale emissieruimte op lange termijn circa 80 procent lager dan in 2000. De mondiale vraag naar emissieruimte zal daarentegen sterk groeien als gevolg van welvaartsgroei en bevolkingsgroei.

Figuur 2.3 Langetermijnscenario's voor CO_2-emissie



Bron: IPCC (2001)

2.2.2 OPLOSSINGSRICHTINGEN ALS DEELPROBLEMEN

Het klimaatprobleem vindt complementaire oplossingen in drie richtingen, namelijk aanpassing aan de verandering, emissiereductieroutes om klimaatverandering te temperen en internationale coördinatie om die emissiereductieroutes te realiseren. De laatste route valt op zijn beurt uiteen in drie componenten, namelijk het ontwikkelingstraject van nu nog arme landen, de verdeling van lasten en de allocatie van inspanningen. De implementatie van deze oplossingsrichtingen kan worden opgevat als de oplossing van deelproblemen.

Aanpassing

Aanpassing is vereist, want het klimaat verandert ook als emissiereductie succesvol tot stand wordt gebracht. Emissiereductie vertraagt de verandering en verlaagt het eindniveau van temperatuurstijging, maar voorkomt veranderingen niet. Dat komt doordat veranderingen van het klimaat (onder meer door de lange verblijftijd van broeikasgassen en door natuurlijke klimaatwijzigingen) reeds zijn ingezet en doordat de omvang van de voor stabilisatie vereiste emissiereductie dermate groot is dat het niet erg waarschijnlijk is dat die in de praktijk zal worden gerealiseerd. Een optimaal beleid richt zich derhalve op een efficiënte mix van aanpassing en emissiereductie.

De klimaatverandering leidt mondiaal tot aanpassingsproblemen (RIVM 2005). Door stijging van het zeeniveau ontstaan problemen in laaggelegen gebieden. Mondiaal zijn dat in het algemeen ook de dichtst bevolkte gebieden. Hoewel het laaggelegen is zal Nederland zich (in elk geval op afzienbare termijn) waarschijnlijk redelijk kunnen aanpassen aan een hoger zeeniveau (zie hoofdstuk 3). In minder rijke rivierdelta's zoals Bangladesh en op laaggelegen eilanden zal dat probleem harder aankomen. Verder verandert door klimaatverandering de waterhuishouding van de atmosfeer, waardoor lokaal zowel droogte als wateroverlast kan ontstaan. Beide hebben consequenties voor de bewoonbaarheid en voor de landbouw. De mondiale voedselproductie komt bij een temperatuurstijging van 3 à 4 °C waarschijnlijk niet in gevaar, maar regionaal kunnen wel effecten optreden, waardoor lokaal, vooral in tropische landen, tekorten zouden kunnen ontstaan. Vooral bij een te hoog tempo van klimaatverandering bestaat het risico dat ecosystemen zich onvoldoende kunnen aanpassen. Ondiep water en kustgebieden zijn daarbij het kwetsbaarst. Ten slotte bestaat het (nog goeddeels onbegrepen) risico van een toename van zogenoemde extreme weersgebeurtenissen zoals cyclonen en een ander verspreidingsgebied van infectieziekten.

Vanuit aanpassingsoogpunt is mondiale klimaatverandering overal een regionaal probleem: de effecten zijn overal, maar ze worden plaatselijk gevoeld en verschillen lokaal. De vruchten van aanpassingsinspanningen worden ook plaatselijk genoten. Dat maakt het gemakkelijker om belanghebbenden te mobiliseren, zodat de problemen lokaal kunnen worden opgelost. Daarbij gelden twee belangrijke beperkingen. Allereerst zijn ecosystemen, voor zover van bijzondere waarde, in hoge mate een collectief goed op mondiaal niveau. Aantasting ervan is

dan niet zonder meer beperkt tot een lokaal probleem. Daarnaast zijn de mogelijkheden om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen niet overal even groot, zodat in elk geval aanvullende internationale coördinatie op dit punt gewenst is.

Voor het bepalen van de onderhandelingsposities van de diverse partijen bij het verdelen van de bijdragen aan emissiereductiebeleid is het belangrijk te weten hoe groot de aanpassingsproblemen op verschillende plaatsen zijn, omdat de verwachte schade van klimaatverandering als een belangrijke motivatie geldt voor emissiereductie. De Nederlandse positie is daarnaast belangrijk, omdat de Nederlandse aanpassingsproblemen lokaal zullen moeten worden opgelost.

De aanpassingsagenda wordt urgenter naarmate de oplossing van de problemen van technologie en coördinatie minder succesvol verloopt of duurder uitvalt. Ondanks alle onzekerheden zal een keuze moeten worden gemaakt of een euro besteed aan aanpassingsbeleid beter of slechter besteed is dan een euro voor innovatie en/of internationale coördinatie.

Technologieontwikkeling

Welvaartsgroei betekent in de huidige situatie ook emissiegroei, in elk geval van CO_2. Daarnaast komt een belangrijk deel van de huidige (netto-)emissie voort uit armoede en eenvoudig vermijdbare praktijken. De wereld, de lidstaten van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) voorop, zal moeten bereiken dat welvaartsgroei samengaat met reductie van emissies van broeikasgassen.
In beginsel kan er ook voor gekozen worden welvaart of welvaartsgroei op te geven teneinde de reductie snel te bewerkstelligen, zoals in sommige kringen in de jaren negentig werd voorgestaan. Deze optie blijkt in de OESO-landen nergens een draagvlak te hebben, laat staan in de arme landen. Ervan uitgaande dat het huidige emissieniveau te hoog is voor stabilisatie van het klimaat op de lange termijn (zie figuur 2.3), bestaat de technologie-uitdaging erin ervoor te zorgen dat de verbetering van de emissie-efficiëntie de groei van de wereldbevolking en die van de welvaartsgroei per hoofd voldoende overtreft. De spontane verbetering van de emissie-efficiëntie van westerse economieën, onder meer onder druk van de oliecrises (via de weg van energie-efficiency), is in het verleden steeds kleiner geweest dan de economische groei.

Hoe groot een 'voldoende' verschil is tussen emissie-efficiëntieverbetering en economische groei, wordt bepaald door zowel het absolute emissieniveau op het moment dat de omslag wordt bereikt als door het gewenste tempo van de uiteindelijke emissiereductie. De technologieontwikkeling staat los van het coördinatieprobleem: wie in de wereld doet wat en wanneer?

De termijn voor het technologieprobleem is relatief lang, in de ordegrootte van vijftig jaar (figuur 2.3 is gebaseerd op een geleidelijke oplossing van het technologieprobleem). Het is aan de rijke landen om ervoor te zorgen dat de innovatie tot

stand komt die nodig is voor de verbeterde emissie-efficiëntie, door emissies te verminderen en/of door de opname van GHG's te vergroten. Een deel van emissie-efficiëntieverbetering kan worden gerealiseerd met bredere toepassing van bestaande techniek. Redenen om beschikbare technieken (nog) niet toe te passen liggen in de sfeer van kostenefficiëntie (bij het huidige prijsniveau), afschrijvingstermijnen van oudere jaargangen productiemiddelen en (in mindere mate) consumptiegoederen, onzekerheid over de toekomstige omgeving en gebrek aan oog voor mogelijkheden omdat het niet om kernactiviteiten gaat; het onderscheid tussen deze redenen is vloeiend. Maar het is evident dat op langere termijn transities nodig zijn naar nieuwe vormen van energie en productie (VROM-raad en AER 2004) en dat er (vooralsnog) geen *silver bullets* zijn die het probleem afzonderlijk kunnen oplossen. Er zal een portefeuille aan technologieën moeten worden ontwikkeld. Hoofdstuk 4 zal daaraan aandacht besteden.
Binnen de rijke landen gaat het derhalve om zowel innovatie als om diffusie. Om die reden zou het van belang kunnen zijn dat een deel van de emissiereductiedoelstelling in rijke landen gerealiseerd wordt, teneinde voldoende innovatieprikkels te genereren, al is het de vraag of dit de meest efficiënte wijze is om onderzoek en ontwikkeling (R&D) te organiseren.

Internationale coördinatie

Waar GHG's worden uitgestoten is voor het klimaat irrelevant. Na verloop van tijd cumuleren ze in de atmosfeer en het is die voorraad GHG's die het klimaat beïnvloedt. Voor zover markten en spontane technische vooruitgang de gewenste verbeteringen (zie hiervoor) niet bereiken, zullen overheden overal ter wereld beleid moeten voeren. Gegeven de omvangrijke grensoverschrijdende externe effecten is wereldwijde coördinatie vereist, maar de belemmeringen daarvoor zijn groot. Die belemmeringen liggen in de prikkels voor liftersgedrag (*free riding*), de uiteenlopende belangen en de randvoorwaarde van soevereiniteit. Als gevolg daarvan zal (coördinatie van) beleid worden 'ondergeproduceerd', waardoor het klimaatprobleem verergert. De coördinatieopdracht valt uiteen in drie onderscheiden maar in de praktijk gerelateerde componenten, namelijk (1) het ontwikkelingstraject van nu nog arme landen, (2) de verdeling van lasten en (3) de allocatie van inspanningen. Hoofdstuk 5 gaat dieper in op de internationale coördinatie.

(1) Het ontwikkelingstraject van nu nog arme landen

Ongeveer vier vijfde van de wereldbevolking woont in zich industrialiserende of arme landen. Indien deze landen een ontwikkelingspad zouden volgen zoals de OESO-landen dat eerder hebben gedaan, wordt het klimaatprobleem nog onbeheersbaarder. De wereldwijde uitstoot van GHG's zou snel toenemen, hoe effectief de OESO-landen zelf hun eigen emissiereductie ook zouden bewerkstelligen. De ontwikkelde landen (Annex I-landen) produceren iets meer dan de helft van de mondiale emissies, voor een belangrijk deel in de vorm van CO_2, terwijl in ontwikkelingslanden relatief veel methaan wordt geproduceerd. Het aandeel van de ontwikkelde landen in de totale emissie neemt af, dat van nu nog arme landen neemt toe. De bepalende factoren voor het ontwikkelingsprobleem zijn het grote

en groeiende aandeel van zich industrialiserende landen in de wereldbevolking en, bij een succesvolle ontwikkeling, het snel stijgende aandeel in het (eveneens stijgende) mondiale inkomen.

In tegenstelling tot het technologieprobleem is de kritische termijn hier relatief kort. De emissie-efficiëntie van minder ontwikkelde landen is momenteel laag (ze stoten dus veel uit, gezien hun welvaart) en de economische groei van een groot deel van deze landen is hoog. Het resultaat is nu al dat het aandeel in de wereldemissie fors aan het stijgen is, waardoor de uitgangspunten van Kyoto steeds meer worden achterhaald. China en India (samen goed voor ruim 40% van de wereldbevolking) groeien structureel met zo'n 7 à 8 procent per jaar en alles wijst erop dat grotere marktgerichtheid en openheid van hun economieën nog lange tijd grote stimulansen zal geven. Een aanzienlijke groep andere groeiers moet overigens niet over het hoofd worden gezien (bijvoorbeeld enkele Zuidoost-Aziatische landen (ASEAN), Mexico en Brazilië).

Het klimaatprobleem heeft in zich ontwikkelende landen een lagere prioriteit dan in Europa. Economische groei gaat voorlopig voor. Een effectief klimaatbeleid vereist dat rijke landen werken aan de diffusie van beschikbare emissie-efficiënte technologie naar zich ontwikkelende landen. De hoge economische groei daar impliceert dat veel nieuwe productiemiddelen in gebruik worden genomen. Die gaan lang mee en moeten voor een effectief klimaatbeleid naar huidige maatstaven *state of the art* zijn. Ook dat maakt de kritische termijn relatief kort. Het gaat hier om het verlagen en naar voren halen van de top in het mondiale emissieniveau uit figuur 2.3.

(2) De verdeling van lasten

Klimaatbeleid kost economische groei, zodat het vooral aantrekkelijk is wanneer andere landen klimaatbeleid voeren. De bereidheid om de lasten te dragen van klimaatbeleid, zowel in rijke landen als in opkomende economieën, hangt af van de mate waarin overheden het klimaatprobleem als urgent zien omdat landen er lokaal last van hebben, van opvattingen over rechtvaardigheid en billijkheid en van de mogelijkheid om inspanningen van andere spelers te monitoren. Daarmee wordt de verdelingsvraag een obstakel voor de coördinatie: de aanwezigheid van gemeenschappelijke belangen en de zichtbaarheid van inspanningen zijn noodzakelijke voorwaarden om coalities te creëren waarvan de leden zich inspannen voor een gemeenschappelijk doel.

Het is een illusie te menen dat binnen enkele decennia een systeem van emissierechten kan worden ontwikkeld dat zowel mondiaal sluitend is alsook de 2 °C-doelstelling realiseert. Een systeem met een redelijke dekkingsgraad is wellicht wel mogelijk. Een eerste vereiste daarvoor is dat het verdelingsprobleem van emissierechten wordt opgelost. Immers, optimale allocatie door handel kan pas tot stand komen nadat een initiële verdeling is overeengekomen. Het verdelingsprobleem en het allocatieprobleem hangen dus samen. Via onderhandeling zal een systeem van lastenverdeling moeten worden gerealiseerd dat voor elk van de

partijen acceptabel is. Die overeenkomst dient geloofwaardig en handhaafbaar te zijn. Daarbij is ook een punt van aandacht dat de initiële verdeling en de uiteindelijke allocatie alleen in theorie onafhankelijk van elkaar zijn (Vollebergh et al. 1997; zie ook tekstbox 2.3).

Tekstbox 2.3 Landendoelstellingen versus sectordoelstellingen

In de internationale arbeidsverdeling specialiseren landen zich op basis van comparatieve voordelen zoals belonings- en scholingsniveau van de beroepsbevolking, aanwezigheid van grondstoffen en geografische ligging. Indien emissierechten worden toegekend op basis van de bevolkingsomvang, wordt geen recht gedaan aan de bestaande sectorstructuur; als emissierechten worden toegekend op basis van de sectorstructuur, wordt het gelijkheidsbeginsel geschonden.
Nadat de emissierechten zijn verdeeld, kan volgens het Coase-theorema, ongeacht de initiële verdeling, via handel een optimale verdeling worden verkregen, waarbij emissierechten daar worden verbruikt waar ze het meeste welvaart creëren. De prijs van die emissierechten zal vervolgens worden doorberekend in de prijzen van de eindproducten. Gegeven specifieke lokale situaties kan het dus wenselijk zijn dat landen door sectorspecialisatie meer CO_2-equivalenten gaan produceren als daardoor elders emissies kunnen verminderen.
De initiële verdeling van de (te verhandelen) emissierechten is derhalve een internationaal welvaartsverdelingsprobleem, met alle gevolgen van dien. De resulterende verdeling na handel is een allocatieprobleem. Wel bepaalt bij een collectief goed de initiële verdeling mede de totale vraag naar dat collectieve goed en lopen in het onderhandelingsproces verdeling en allocatie als gevolg van strategisch gedrag onvermijdelijk door elkaar. Het Coase-theorema blijft theorie.

De internationale coördinatie zal waarschijnlijk niet sluitend zijn (dat hoeft ook niet) en de betrokkenheid van omvangrijke partijen zal ten dele moeten worden gekocht door landen die effectief klimaatbeleid meer dan gemiddeld belangrijk vinden. In hoofdstuk 5 zal worden onderzocht in hoeverre deze extra transactiekosten, respectievelijk preferentiekosten de oplossing van het coördinatieprobleem voor Nederland duurder maken.

(3) De allocatie van inspanningen

De benodigde innovatie en wereldwijde diffusie moeten op zo doelmatig mogelijke wijze tot stand worden gebracht. Dat vereist dat eerst de goedkoopste en pas daarna de duurdere opties worden gebruikt en vergt daarnaast enige investering in innovaties en leereffecten om duurdere opties goedkoper te maken. Goedkope opties liggen zoals boven gesteld primair in zich ontwikkelende landen, maar ze zijn uiteindelijk onvoldoende op de lange termijn. Er is dus zowel diffusie nodig (naar arme landen, maar ook binnen rijke landen) als innovatie. Het marktmechanisme is, in elk geval in theorie, een effectief instrument om een doelmatige allocatie tot stand te brengen.

Er zijn twee beperkingen. De eerste komt voort uit de afweging tussen innovatie en diffusie. Het ontwikkelingsprobleem vereist dat op korte termijn gewerkt wordt aan diffusie. De relatief lage prijs van emissiereductie in arme landen ver-

licht de druk in rijke landen om te innoveren. Wanneer de prijs de enige prikkel vormt, bestaat het risico dat efficiëntie op de korte termijn ten koste gaat van innovatieprikkels op de lange termijn. Nadruk op goedkope emissiereductie in arme landen moet daarom in de OESO gepaard gaan met voldoende R&D-inspanning.

De tweede beperking komt voort uit het gebrek aan marktwerking. Het broeikaseffect is een extern effect dat een overheid vereist om het in de productieprijzen te internaliseren. Die prijzen vormen de prikkel om de gewenste innovatie tot stand te brengen. De uitstoot van CO_2-equivalenten zal op een of andere manier moeten worden beprijsd. Dat kan zowel door een belasting als door een begrensde voorraad emissierechten. Bij een belasting ligt de prijs vast, maar is het onzeker of het beoogde effect van emissiereductie ook daadwerkelijk wordt bereikt. Als de belasting te laag of te hoog is, zal er te weinig of te veel emissiereductie plaatsvinden. Wanneer de totale voorraad emissierechten begrensd wordt, is de oplossing van het probleem zeker gesteld, maar is het onzeker welke prijs voor die oplossing betaald moet worden. Dit kan zowel leiden tot een ondoelmatige mix van emissiereductie en aanpassing als tot gebrek aan actie omdat overheden het welvaartsrisico niet durven nemen.

Gegeven de gebrekkige effectiviteit van het marktmechanisme zal daarnaast gekeken moeten worden naar andere wegen dan die van internationale emissietaakstellingen. Daarbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan benchmarking, productiestandaarden en aan samenwerkingsverbanden van enkele landen.

2.3 AFWEGINGSPROBLEMEN

2.3.1 PROBLEMEN BIJ DE AFWEGING TUSSEN AANPASSING EN EMISSIEREDUCTIE

Strikt economisch beredeneerd zou er een optimale mix moeten bestaan tussen aanpassingsbeleid en emissiereductiebeleid. Die optimale mix kan gevonden worden door de marginale kosten van emissiereductie en aanpassing (beide in brede zin) aan elkaar gelijk te stellen. Beide moeten in relatie gezien worden tot de (vermeden) effecten van klimaatverandering. Maar dat is alleen in theorie mogelijk. De praktijk verloopt langs een andere weg. In de klimaatdiscussie wordt de urgentie van emissiereductiebeleid beargumenteerd met aanpassingskosten en onzekerheid. De schijn kan daardoor ontstaan dat niet de analytisch logische weg wordt gevolgd die loopt van een inschatting van effecten naar te ondernemen acties, maar veeleer de omgekeerde weg van een voorkeur voor te ondernemen acties naar een rechtvaardiging van die voorkeur door de inschatting van effecten. De vraag naar de afweging tussen kosten van aanpassing en emissiereductie blijkt daardoor met enige taboes omgeven te zijn. De discussie richt zich hier op de vraag of een mondiaal optimaal klimaatbeleid kan worden geformuleerd. Er wordt nog geabstraheerd van regionale verschillen in kosten van aanpassing en emissiereductie en van de vraag of een mondiaal optimaal klimaatbeleid ook daadwerkelijk via onderhandeling kan worden geïmplementeerd.

In veel studies wordt gesteld dat aanpassingsbeleid een noodzakelijke aanvulling vormt op emissiereductiebeleid, omdat een deel van de klimaatverandering nu eenmaal onvermijdelijk is, maar dat aanpassingsbeleid emissiereductiebeleid niet kan vervangen (IPCC 2001; Easterling et al. 2004; VROM-raad en AER 2004). De impliciete prioriteit voor emissiereductiebeleid boven aanpassingsbeleid die hieruit spreekt vraagt om een kritische reflectie. Het CE-rapport (Rooijers et al. 2004) stelt als een van de weinige wel expliciet de vraag naar de wenselijke verhouding tussen aanpassing en emissiereductie. Maar het antwoord blijft enigszins onbevredigend, omdat het verwijst naar de politiek vastgelegde 2 °C-doelstelling van de EU, waarin die afweging juist nauwelijks een rol speelt (zie verder paragraaf 2.4.2). Voor een draagvlak voor klimaatbeleid is het essentieel dat de afweging tussen aanpassing en emissiereductie zo expliciet en zorgvuldig als mogelijk is gemaakt wordt.

Bij het zoeken naar een optimale mix tussen aanpassingsbeleid en emissiereductiebeleid moet onderscheid worden gemaakt tussen enerzijds kosteneffectiviteit en anderzijds kosten-batenanalyse. Bij analyses met betrekking tot de kosteneffectiviteit ligt het doel vast (in dit geval minder dan 2 °C temperatuurstijging) en wordt dit doel met de kleinst mogelijke inzet van middelen behaald. Kenmerkend is dat het doel langs een andere meetlat gemeten wordt dan de middelen. Bij kosten-batenanalyse wordt het doel afgeleid uit de te maken kosten enerzijds en de verwachte baten anderzijds. De marginale baten van emissiereductiebeleid (= emissiereductiebaten) bestaan uit de vermeden schade van klimaatverandering en daardoor uitgespaarde aanpassingskosten, eventueel verminderd met de niet-gerealiseerde baten van klimaatverandering. Voor de eerste ton CO_2-equivalenten geldt dat de emissiereductiekosten laag zijn en de emissiereductiebaten hoog; voor de laatste ton geldt het omgekeerde. Bij het optimale doel zijn de marginale emissiereductiekosten gelijk aan de marginale emissiereductiebaten. Essentieel is dus dat de kosten en baten langs dezelfde euromeetlat kunnen worden gelegd.

Er zijn echter vier fundamentele afwegingsproblemen: (1) Onzekerheid maakt de waarschijnlijkheid van extreme gebeurtenissen en kosten van oplossingsmogelijkheden moeilijk schatbaar. (2) Het is onduidelijk hoe de kosten van aanpassing moeten worden gewaardeerd en hoe de verdelingsvraag de waardering van emissiereductiekosten beïnvloedt. (3) Emissiereductiekosten en aanpassingskosten zijn moeilijk vergelijkbaar, omdat ze op een volkomen verschillende tijdshorizon worden gewaardeerd. (4) Met een discontovoet zou het derde probleem oplosbaar moeten zijn, maar helaas blijken discontovoeten niet de input maar de output van de afweging te zijn. Deze afwegingsproblemen komen in bijlage 1 uitvoeriger ter sprake.

2.3.2 HET VOORZORGSBEGINSEL ALS ANTWOORD OP ONZEKERHEID

Bij grote onzekerheidsproblemen wordt vaak het voorzorgsbeginsel als oplossing aangeroepen, maar dit is geen panacee. Er moet gebalanceerd worden tussen

enerzijds het risico dat lobby's die dreigen te verliezen bij ingrijpende maatregelen onverantwoord uitstel van maatregelen bepleiten en anderzijds het risico dat op basis van ongegronde angsten onverantwoorde investeringen worden gedaan. Kortom, voorzorg vervangt geen afweging. De Europese Commissie (2000) heeft dit inzicht vastgelegd in het proportionaliteitsbeginsel.

Om de afweging in onzekerheid zo zorgvuldig mogelijk te maken moet een onderscheid worden gemaakt tussen risico en onzekerheid en tussen preventie en voorzorg.
Risico en onzekerheid zijn verschillende concepten. Risico is stochastisch, zoals de kans om met een dobbelsteen 6 te gooien. Onzekerheid duidt op ontbrekende kennis die op een later tijdstip beschikbaar kan komen. Er kan onzekerheid bestaan over risico's, dat wil zeggen dat volledige kennis ontbreekt over de stochastische verdeling van mogelijke uitkomsten.
Ook preventie en voorzorg zijn verschillende concepten. Bij preventie gaat het in essentie om risicomanagement van bekende risico's, een afweging tussen de marginale kosten en baten van preventie. Bij voorzorg gaat het juist om het management van het gebrek aan kennis. Wanneer voorzorg zou worden opgevat als preventie is er vanuit het oogpunt van risicoafweging geen verschil tussen het voorzorgsbeginsel en het klassieke risicobeheer. Risicomanagement was en is gericht op een analyse van kosten en baten van preventie en is gebaseerd op (onvolledige) kennis. Risicomanagement in klimaattermen houdt in dat de (bayesiaanse) verwachtingswaarde van het nut van emissiereductie-inspanningen wordt afgewogen tegen de kosten ervan.

Het uitgangspunt van het voorzorgsbeginsel is dat men in geval van onzekerheid over risico's voor bijvoorbeeld milieu of gezondheid niet moet wachten op volledig bewijs alvorens actie te ondernemen. Het voorzorgsbeginsel komt dus in zicht wanneer het aannemelijk is dat in de toekomst meer kennis beschikbaar komt over het optimale risicomanagement. Het wachten op die kennis kan zowel een goede als een verkeerde strategie zijn. De cruciale vraag is welke onzekerheden welke acties rechtvaardigen.

Gollier en Treich (2003) brengen het voorzorgsbeginsel in verband met de optietheorie. Voorzorg creëert een optiewaarde in geval van onzekerheid. Die optiewaarde ontbreekt wanneer geen voorzorg genomen wordt. Die optie kan waardeloos aflopen als het achteraf om loos alarm ging, maar kan waardevol zijn als blijkt dat de vermoedens gegrond waren. De waardering van de optie bestaat uit een combinatie van beide scenario's. Die waardering moet opwegen tegen de kosten van de uit voorzorg te ondernemen actie. De optiewaarde wordt dus bepaald door de mate van flexibiliteit die een slim gekozen voorzorgstrategie creëert in het licht van toekomstige kennis. Bij het broeikaseffect geeft vroegtijdige emissiereductie de optie om de desbetreffende hoeveelheid CO_2-equivalenten niet uit te stoten. Het gaat erom optimale strategieën voor de korte termijn te definiëren in het licht van de risico's op de lange termijn. Zulke strategieën moeten openstaan voor nieuwe informatie en moeten derhalve periodiek kunnen worden herzien. In het

licht van voorzorg is robuustheid (een goede beleidsperformance onder uiteenlopende scenario's) dus belangrijker dan optimaliteit (een optimale beleidsperformance onder het meest waarschijnlijke scenario).

Het voorzorgsbeginsel is er niet om risico's te voorkomen, maar veeleer om een beleidslijn te kiezen die robuust is in uiteenlopende scenario's, waaronder niet alleen extreme scenario's, maar ook het scenario waarin alle inspanningen nergens toe leiden. Voorzorg gaat over de timing van beslissingen in het licht van zich ontwikkelende kennis.[12]

2.3.3 ETHISCHE AFWEGINGEN

Ethiek: geen richtsnoer maar een methode

Het meeste handelen kan niet rationeel worden beargumenteerd, omdat voorkeuren en afwegingen per definitie waardegebonden en divers zijn. Daarbij is een onderscheid te maken tussen moraal en ethiek (Reiss en Straughan 2001). Moraal verwijst naar morele opvattingen, denkbeelden en overtuigingen die de basis vormen voor de beoordeling van wat een individu goed of fout vindt. Ethiek is een hulpmiddel om ook bij uiteenlopende morele opvattingen tot beredeneerde afwegingen van voorkeuren en belangen te komen. Ethische afwegingen zijn derhalve nooit definitief of bewijsbaar, omdat de eraan ten grondslag liggende morele afwegingen niet definitief of bewijsbaar zijn.

Bij te hanteren morele principes is een onderscheid te maken tussen beginselethische en gevolgenethische principes. Beginselethische normen stellen principiële grenzen aan ons handelen. Ten aanzien van milieubeheer kan men de beginselethische opvatting hebben dat menselijk handelen de aarde niet of zo min mogelijk mag veranderen (de mens als gast van de natuur), maar ook het beginselethische standpunt dat het de mens vrij staat de aarde voor eigen nut te gebruiken. Een beginselethisch standpunt is absoluut en dwingend, maar tegelijkertijd een overtuiging die niet rationeel kan worden beargumenteerd. Gevolgenethische normen gaan uit van een afweging van de gevolgen van menselijk handelen. Die gevolgen moeten eerst in kaart zijn gebracht en beoordeeld, pas dan is een afweging mogelijk. Daarbij gaat het om het vaststellen van de aard van de gevolgen in hun diversiteit van voor- en nadelen, het vaststellen van de mate van aanvaardbaarheid van die gevolgen, inclusief het verdelingsaspect daarvan, en het beantwoorden van vragen over de onzekerheid van de gevolgen, inclusief de meta-onzekerheid: onzekerheid over de onzekerheid. Gegeven het feit dat individuen uiteenlopende oordelen kunnen hebben over de inrichting van hun leefomgeving, kan een overheid daarover lastig een beginselethisch standpunt innemen. Op bovennationaal niveau wordt dat nog moeilijker.

Bij gevolgenethische normen moeten de gevolgen van handelen in kaart worden gebracht en moeten de belangen van alle belanghebbenden, inclusief die van toekomstige generaties tegen elkaar worden afgewogen. In het rapport over biotechnologie (WRR 2003a) heeft de raad aandacht besteed aan een ethisch

afwegingskader als methode om tot een morele afweging van belangen te komen. Dit ethisch afwegingskader kan ook als leidraad dienen voor de nationale opstelling van Nederland in internationaal verband, maar daarbij moet er wel rekening mee worden gehouden dat moraal in internationale verhoudingen in het algemeen slechts een ondergeschikte rol speelt. De waardering van de klimaatverandering is niet overal dezelfde en dat geldt ook voor morele opvattingen over normen en verantwoordelijkheden. Dat komt niet alleen doordat de gevolgen van de klimaatverandering regionaal verschillen, maar ook doordat regio's of landen verschillende prioriteiten en verschillende culturen hebben.[13]

Rechtvaardigheid en verantwoordelijkheid als uitgangspunten

Rechtvaardigheid gaat uit van min of meer universele normen; billijkheid is iets minder pretentieus doordat zij rekening houdt met een weging van belangen. Zowel rechtvaardigheid als verantwoordelijkheid vraagt om een participatieve beoordeling. Vrijwel elke verdeling van lasten laat zich met een speciale interpretatie van billijkheidsbeginselen verdedigen, met als uitersten de beginselen van *grandfathering* (waarbij rechten worden toegekend op basis van de status-quo) en die van gelijke verdeling van emissierechten per hoofd van de wereldbevolking (Rose en Stevens 1998). Ook kunnen argumenten worden aangevoerd om bepaalde *sources* en *sinks* wel of juist niet mee te tellen in de bijdragen van landen aan het probleem of de oplossing ervan. De invloed hiervan is aanzienlijk. Uiteindelijk gaat het bij de verdeling om een onderhandelingsresultaat: *negotiated justice*. In het onderhandelingsresultaat kan aan meerdere invullingen tegelijk recht worden gedaan, bijvoorbeeld door een geleidelijke verandering van het relatieve gewicht van beginselen: aansluiting op het heden door gewicht voor de status-quo en geleidelijk meer aansluiting op de toekomst door gelijke emissierechten: het onderhandelingsresultaat bepaalt het pad waarlangs.

Dat onderhandelingsresultaat moet in termen van billijkheid kunnen worden uitgelegd. Er is wel enige consensus over de minimale voorwaarden waaraan een billijkheidsredenering moet voldoen om acceptabel te zijn. Behoefte (noodzaak voor de sociaal-economische ontwikkeling om eerst de menselijke basisbehoeften af te dekken), vermogen (economische en technologische middelen om bij te dragen aan de oplossing van het probleem) en verantwoordelijkheid (bijdrage aan het veroorzaken van het probleem) zijn in elk geval noodzakelijke ingrediënten (Höhne et al. 2003), maar met die ingrediënten kunnen nog uiteenlopende gerechten worden bereid. Geleidelijk aan wordt het uitgangspunt van de United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) van *common but differentiated responsibilities* nader ingevuld in de opeenvolgende COP-conferenties (Conferences of the Parties).

Conclusie

Concluderend kan worden gesteld dat vanuit een ethische invalshoek zeer verschillende stellingnamen kunnen worden verdedigd. Dat komt vooral doordat ethiek niet voorschrijft wat wel of niet mag of moet, maar slechts een methode geeft om daarover – participatief – overeenstemming te bereiken.

Ethische benaderingen zijn vruchtbaar wanneer ze een gedeeld platform bieden aan partijen om tot overeenstemming te komen via een gevolgenethische afweging, maar ze zijn contraproductief en drijven partijen uit elkaar wanneer ze ontaarden in verwijten over onethisch gedrag op beginselethische gronden. In een heterogene omgeving kan men beter uitgaan van wederzijdse belangen en de mogelijkheden om wederzijds voordeel te behalen. Waar het vanuit rechtvaardigheidsoogpunt wenselijk is uit te gaan van het beginsel dat de vervuiler betaalt, blijkt de harde praktijk er vaak toe te leiden dat degene die schade lijdt genoodzaakt wordt te betalen.

2.3.4 HET POLITIEKE BESLUITVORMINGSPROCES

Het klimaatprobleem is met veel onzekerheid omgeven, waardoor het gevoel van urgentie over het probleem manipuleerbaar wordt, zowel in alarmistische als in badinerende richting. Enerzijds kan worden waargenomen dat het bestaan van belanghebbenden bij een probleem ook een goede garantie is voor het voortbestaan van dat probleem of ten minste het gevoel van urgentie erover, vooral wanneer overheden als subsidiegever in beeld komen. In de afgelopen twintig jaar is een omvangrijke groep van belanghebbenden bij het klimaatprobleem ontstaan. Bij de tiende COP-conferentie in Buenos Aires in december 2004 kwamen circa 6000 deelnemers bijeen, in Montreal in 2005 waren dat er 10.000, onder wie vertegenwoordigers van regeringen, internationale organisaties en NGO's. Het belang van een efficiënte vergadering verklaart die aantallen niet, het bestaan van netwerkende belanghebbenden wel. Anderzijds zijn met het te voeren emissiereductiebeleid grote economische en politieke belangen gemoeid, zodat er ook belanghebbenden zijn die het probleem liever wegdefiniëren. Energie-intensieve industrieën zullen bij een verrekening van externe milieueffecten voor hoge kosten komen te staan. Dat is niet zozeer een probleem binnen zulke sectoren (immers, alle spelers worden met dezelfde kosten geconfronteerd en de concurrentieverhoudingen worden niet veranderd), maar des te meer tussen sectoren (consumenten zullen bij internalisering van milieueffecten anders gaan consumeren). Ook in politieke zin zijn er grote belangen, omdat klimaatbeleid economische groei in de weg kan staan en omdat factoren zoals energiezekerheid een groot politiek gewicht hebben.

In een ideale taakverdeling draagt de wetenschap kennis aan en velt de politiek een oordeel. Deze taakverdeling werkt bij de klimaatdiscussie niet optimaal. Beleidsmakers hebben vaak niet de kennis die nodig is om de wetenschappelijke basis van onderzoek goed op waarde te schatten. Te weinig wordt onderkend dat onderzoek soms de functie vervult van 'fluiten in het donker'. Daarnaast ontstaan cirkelredeneringen: een politieke keuze in het donker wordt onderbouwd met een quasi-technische keuze die feitelijk zelf een politieke keuze is. Juist omdat de toekomst zo onzeker is, bestaat er relatief veel ruimte om uitkomsten te beïnvloeden door de keuze van schijnbaar technische groeivoeten: bevolkingsgroei, mate van economische groei, mate van convergentie van economieën, veranderingen in de koolstofintensiteit van het BBP, enzovoort. De keuze van een

waarde voor deze groeivoeten heeft een grote, soms zelfs doorslaggevende invloed op de uitkomsten van de berekeningen.

Het Britse House of Lords-rapport (2005) signaleert daarnaast ook een omgekeerde vermenging van wetenschap en politiek in het proces van het IPCC. Doordat politici zich bemoeien met de *Summary for policymakers* van het TAR ontstaan tegenstrijdigheden tussen de wetenschappelijke basistekst en de politieke samenvatting ervan. Ook verloopt het *review*-proces niet altijd vlekkeloos. Verder signaleert het House of Lords-rapport dat in elk geval de schijn bestaat dat ideologie een rol speelt bij de benoeming van leden van het IPCC. Bewust of onbewust wordt de ruimte van de onzekerheid gebruikt om de analyses om te draaien, niet van empirie naar beleid, maar van beleid naar empirie.

Om het vertrouwen van het publiek in het IPCC en de urgentie van klimaatbeleid te behouden, is het essentieel dat aan onpartijdigheid en wetenschappelijke objectiviteit de hoogst mogelijke eisen worden gesteld. Kennis ontstaat niet door politieke consensus, maar door vrije discussie en gedegen empirisch onderzoek.

In het algemeen geldt dat scheiding van problemen in deelproblemen bijdraagt aan de analytische oplosbaarheid. Analyse en onderhandeling vormen verschillende fasen in de probleemoplossing die een verschillende aanpak vragen, deels door verschillende actoren (wetenschappers, technici en politici). Bij de analyse gaat het in de eerste plaats om een consensus over de probleemdefinitie en over de technische oplossingen; onderhandeling is in de eerste plaats een politieke verdelingskwestie (Scharpf 1997). De technische aanpak van het klimaatprobleem en de verhouding die dit impliceert tussen ontwikkelde landen en ontwikkelingslanden vormen dus een vraagstuk dat moet worden geanalyseerd voordat uiteindelijk een onderhandeling over de verdeling van de lasten tot een goed einde kan worden gebracht. Door het iteratieve karakter van de probleemoplossing zullen agenda's echter onvermijdelijk gemengd blijven.

2.4 DE BELEIDSVOORTGANG TOT NU TOE

Klimaatbeleid staat nog maar in de kinderschoenen. Toch lijkt er impliciet al een aantal keuzen te zijn gemaakt. Zowel mondiaal als op EU-niveau en nationaal niveau ligt de nadruk tot nu toe betrekkelijk sterk op emissiereductie als oplossingsstrategie en op emissiehandel (emissieplafonds in combinatie met verhandelbare emissierechten) als implementatie-instrument. Op EU- en nationaal niveau lijken de toegepaste instrumenten eerder gelaagd bovenop elkaar dan complementair naast elkaar. Wel lijkt het dat posities in de loop van de tijd zijn gaan schuiven.

2.4.1 MONDIAAL: HET KYOTO-PROTOCOL

Het bewustzijn dat de mens mogelijk het klimaat beïnvloedt is in de loop van de jaren tachtig van de vorige eeuw ontstaan. Met het Kyoto-protocol (1997) zijn belangrijke stappen gezet, zowel in richtinggevende als in praktisch-operationele zin.

Richtinggevend is in de eerste plaats de mondiale declaratoire consensus over het bestaan van het broeikaseffect en de oorzaken ervan. Het IPCC functioneert steeds meer als een neutrale kennisinstelling die onderzoeksresultaten van wetenschappers bij elkaar brengt en coördineert. De kennis is dan ook steeds minder omstreden. Ook is met het Kyoto-protocol vastgelegd dat actie moet worden ondernomen en er zijn doelen gesteld. In het licht van de nog bestaande onzekerheid en de terughoudendheid van landen om zich voor een lange termijn aan vergaande doelstellingen te binden, is gekozen voor een beperkte, haalbare doelstelling voor een relatief korte termijn. De zogenoemde Annex I-landen (ontwikkelde landen) als geheel brengen in de periode tussen 2008 en 2012 hun emissieniveau terug tot ten minste 5 procent beneden het niveau van 1990. Een verband tussen deze doelstelling en de uiteindelijk noodzakelijke doelstelling ontbreekt om de eenvoudige reden dat het doel niet gespecificeerd is. Het is maar een begin. De Kyoto-inspanning (gevolgd door *business as usual* na 2012) is in 2100 goed voor een verschil van circa 0,1 °C en 1,5 centimeter zeespiegelstijging ten opzichte van *business as usual* (House of Lords 2005).

Geredeneerd vanuit het voorzorgsbeginsel is de beperkte doelstelling functioneel, omdat de strategie flexibel moet kunnen inspelen op toekomstige kennis; de maatregelen kunnen immers zowel te veel als te weinig of verkeerd gericht zijn. De keerzijde daarvan is wel dat landen noch bedrijven een duidelijke richtlijn hebben over hoe de maatregelen zich na verloop van tijd zullen ontwikkelen, zodat investeringen op de lange termijn mogelijk onvoldoende worden aangemoedigd. Met het Kyoto-protocol is het probleem niet opgelost, maar is wel vastgelegd dat de oplossing gezocht moet worden in internationaal gecoördineerde reductie van emissies.

In de tweede plaats is er internationale erkenning voor de verschillende posities van rijke en arme landen. Er bestaat overeenstemming over het gegeven dat de oorsprong van het probleem in belangrijke mate ligt bij de sterke economische groei in de rijke landen in de afgelopen 150 jaar, zij het dat de wijze waarop de menselijke invloed geteld wordt sterk van invloed is op vraag waar het zwaartepunt van de emissies lag, ligt en in de toekomst zal liggen – de OESO-landen zijn in de toekomst in elk geval niet meer bepalend. Ook bestaat consensus over het belang van arme landen om ruimte te hebben voor economische groei. Die groei moet op een meer energie-efficiënte wijze plaatsvinden dan in de rijke landen is gerealiseerd. Er is aandacht voor het probleem van technologieoverdracht naar zich ontwikkelende landen en voor specifieke aanpassingsproblemen in afzonderlijke landen. Op het moment dat die consensus in meer concrete maatregelen moet worden omgezet, stokt echter het proces in verdeeldheid van belangen. Het Kyoto-protocol spreekt van *common but differentiated responsibilities.*

Praktisch-operationeel is in de derde plaats de keuze van de instrumenten. Er is overeenstemming dat de oplossingen pragmatisch en flexibel moeten zijn en dat de spelregels niet iedereen in dezelfde mate kunnen binden. Pragmatische instrumenten als emissiehandel vinden wel internationale steun, maar komen nog

onvoldoende van de grond, doordat het verdelingsvraagstuk van de emissierechten niet zo eenvoudig oplosbaar is. Met de emissiehandel, Joint Implementation (JI) en het Clean Development Mechanism (CDM) zijn pragmatische instrumenten gecreëerd die erkennen dat ook de landen die onder Kyoto geen verplichtingen hebben, kunnen bijdragen aan de probleemoplossing.

Binnen de Kyoto-onderhandelingen trad de EU op als blok met een doelstelling van –8 procent ten opzichte van 1990. In dat jaar hadden Duitsland en het Verenigd Koninkrijk een hoog emissieniveau, dankzij de hereniging, respectievelijk het stoken van steenkool. De resulterende emissieruimte is binnen de EU over landen verdeeld. laat zien dat verschillende Zuid-Europese landen (Griekenland, Portugal en Spanje) aanzienlijke ruimte voor economische groei toegewezen hebben gekregen in een mate die, indien op mondiale schaal toegepast ten behoeve van ontwikkelingslanden, niet tot een houdbare toekomst zou leiden.

Tabel 2.2 Emissiereductiedoelstellingen voor 2008-2012 onder het Kyoto-protocol en EU burden sharing (in procenten ten opzichte van 1990)

Land	%	Land	%
Oostenrijk	–13	Italië	–6,5
België	–7,5	Luxemburg	–28
Denemarken	–21	Nederland	–6
Finland	0	Portugal	27
Frankrijk	0	Spanje	15
Duitsland	–21	Zweden	4
Griekenland	25	Verenigd Koninkrijk	–12,5
Ierland	13	EU-15	–8

Bron: WRR

2.4.2 DE POSITIE VAN DE EU

Doelen

In richtinggevende zin heeft de EU een duidelijk standpunt, dat overigens wel geleidelijk verschuift onder invloed van de ontwikkelingen in kennis en internationale verhoudingen. Op de 1939ste vergadering over milieu in Luxemburg (1996) oordeelde de Raad van ministers van de EU:

> "Given the serious risk of such an increase and particularly the very high rate of change, the Council believes that global average temperatures should not exceed 2 degrees above pre-industrial level and that therefore concentration levels lower than 550 ppm CO_2 should guide global limitation and reduction efforts."

Deze opinie over wat dringend wenselijk is, is gebaseerd op de risico's van een temperatuurstijging van meer dan 2 °C. Volgens recente inzichten is voor dit doel waarschijnlijk een lagere concentratie nodig (Levin en Pershing 2006). Er wordt

in het EU-standpunt geen afweging gemaakt tussen de wens en de inspanning die nodig is om de wens in vervulling te doen gaan. Het ontbreekt aan proportionaliteit tussen enerzijds het risico dat aanleiding is een beroep te doen op het voorzorgsbeginsel en anderzijds de inspanningen die nodig zijn om het risico te verminderen. De Europese Commissie heeft echter wel aangegeven die proportionaliteit wenselijk te vinden (Europese Commissie 2000).

Aan beide kanten (risico en kosten) zijn enige kanttekeningen te maken. Voor de risico's verwees de Raad van ministers van de EU naar het Second Assessment van het IPCC als meest complete en gezaghebbende bron. Inmiddels is er het Third Assessment Report (IPCC 2001), waarvan we aannemen dat het meer gezaghebbend is dan het tweede. Het TAR somt een groot aantal te verwachten effecten op van klimaatverandering en presenteert aanpassing nadrukkelijk als complementaire activiteit naast emissiereductie. Deze conclusie wordt getrokken, hoewel de effecten mondiaal zeer divers zijn en er geen beeld gevormd wordt van de kosten van aanpassing. Er wordt alleen gekeken naar de mate van waarschijnlijkheid van de te verwachten effecten, maar die effecten worden niet gewaardeerd. Overstromingen door regenval en zeespiegelstijging worden door het IPCC aangewezen als de meest directe risico's voor de mens. Niet alle effecten zijn negatief en bovendien zijn ze regiospecifiek. Een paar graden temperatuurstijging zal de landbouwproductie op gematigde breedtegraden ten goede komen, maar bij verdere temperatuurstijgingen zouden de effecten van hitte en droogte die stijging teniet kunnen doen. Al met al lijkt de voorkeur van de EU voor een maximumtemperatuurstijging van 2 °C vooral ingegeven door de onzekerheid over van potentiële effecten bij een temperatuurstijging van meer dan een paar graden (zie bijvoorbeeld WGBU 2003).

De kosten van emissiereductiebeleid ter realisering van de 2 °C-doelstelling konden in 1996 niet en kunnen ook nu nog nauwelijks worden geschat (wel zijn inschattingen over een kortere termijn mogelijk). Het is aannemelijk dat de EU-Raad van ministers zich daar met behulp van het IPCC-rapport wel een voorstelling van heeft gemaakt. Zeker in het licht van de huidige kennis is het de vraag of die voorstelling adequaat was. De EU stelde dat "the IPCC considers that significant reductions in greenhouse gas emissions are technically possible, and can be economically feasible. It also notes that significant 'no-regrets' opportunities are available." VROM-raad en AER (2004) stellen daarentegen dat een energietransitie nodig is om de energievoorziening duurzaam te maken, waarvoor langdurige investeringen noodzakelijk zijn om op termijn tot een acceptabele prijs-prestatieverhouding te komen. Ook in Brussel leeft inmiddels die gedachte (Europese Commissie 2005). Verder stelde de Raad van ministers dat "on the basis of the latest reports by Member States, the Community is on course to return its CO_2 emissions to 1990 levels by the year 2000, but at the same time recognizes that further efforts will be necessary to achieve the stabilization objective." Over de rol van ontwikkelingslanden wordt opgemerkt dat "global efforts require global responses and full participation of all Parties. This has to be based on a closer partnership between developed and developing countries: besides the strengthe-

ned commitments of developed countries it is important that the developing countries play their part in producing and using more energy-efficient and lower carbon-emitting technologies and products.” Inmiddels is duidelijk dat dit niet vanzelf gaat; ook als Europa zijn eigen emissiedoelstelling realiseert, is er mondiaal toch een sterke stijging van de emissie te verwachten (Europese Commissie 2005).

Geleidelijk krijgt het kosten-batenaspect meer gewicht. In 1996 meende de EU dat de kosten van emissiereductiebeleid laag waren, omdat er voldoende technologie beschikbaar was om tegen geringe kosten de doelstelling te behalen. Europa had weinig aandacht voor de extra taakstelling die voortvloeit uit de hoge economische groei in zich ontwikkelende economieën. Bij de top van 23 maart 2005 heeft de Europese Raad (7619/05) de 2 °C-doelstelling bevestigd en een na te streven strategie en emissiereductiedoel aangegeven voor de periode tussen 2012 en 2020, maar voor het eerst heeft de Europese Raad ook vastgesteld dat de reductiedoelen moeten worden bezien op realiseerbaarheid met inachtneming van het kosten-batenaspect.

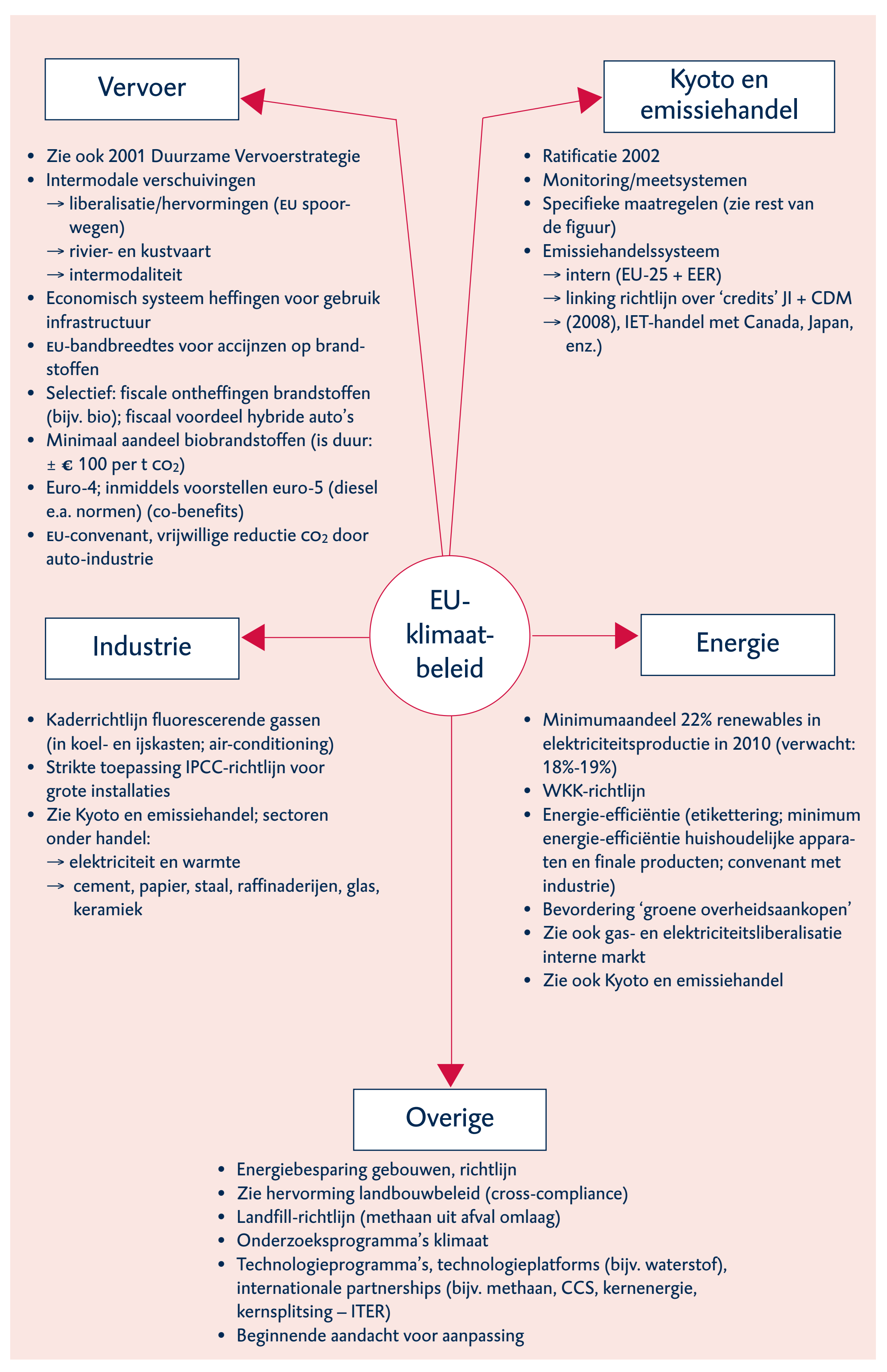
Instrumenten

De instrumenten van het EU-klimaatbeleid vormen een integraal deel van het EU-milieubeleid. Het EU-emissiehandelssysteem is een centraal onderdeel van het klimaatbeleid, een grondig uitgewerkte versie die als voorbeeld in de wereld geldt. Voor effectiviteit wacht dit systeem echter op scherpere reductiedoelstellingen dan die onder het Kyoto-protocol. Figuur 2.4 laat zien dat daarnaast specifiek beleid gevoerd wordt op de gebieden van energie en energiebesparing, industrie en vervoer.

De emissiehandel heeft uitsluitend betrekking op CO_2. Voor andere GHG’s is het beleid aangewezen op regulering en coördinatie. Bij vervoer geldt een mengeling van fiscale coördinatie (accijnzen), fiscale stimuli, technische normen, marktgerichte hervormingen, gezamenlijke regels voor gebruiksheffingen, opties (voor lidstaten: om minimumaandelen van ‘biobrandstoffen’ op te leggen) en convenanten (industrie: CO_2-uitstoot van auto’s). De maatregelen voor de industrie zijn complementair aan de emissiehandel en daardoor vermoedelijk onnodig duur en ineffectief; wel is er mogelijk een positief effect op het gebied van energiebesparing. Ten slotte heeft de EU tot voor kort een vrij versplinterd technologiebeleid gevoerd in zogenoemde kaderprogramma’s.

Het klimaatbeleid wordt zowel gevoerd op Europees niveau als op het niveau van de lidstaten. De feitelijke autonomie van lidstaten wordt ingeperkt door het uitgangspunt van de ongestoorde interne markt en de grensoverschrijdende milieueffecten (emissienormen van goederen en bijvoorbeeld krachtcentrales berusten op centrale EU-wetgeving). Centralisatie bij klimaatbeleid wordt tevens in de hand gewerkt door het multilaterale karakter van de problematiek en van de onderhandelingen en verplichtingen. De EU treedt op als één land in de UNFCCC en onder het Kyoto-protocol. Maar tegelijk is er ook variatie per lidstaat. Er is

Figuur 2.4 Het huidige EU-klimaatbeleid



Bron: WRR

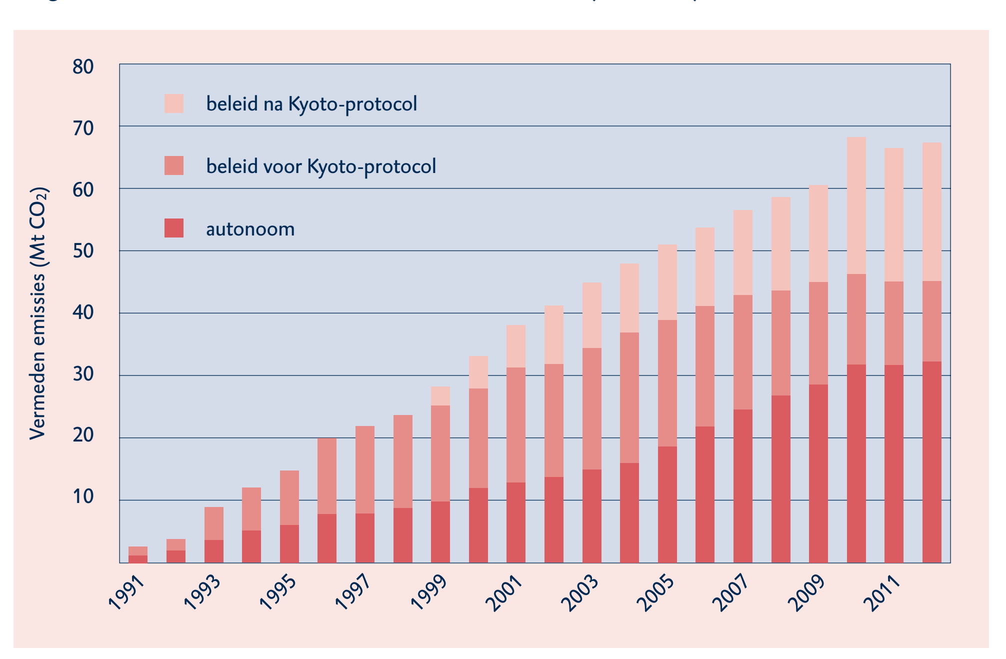
bijvoorbeeld geen gezamenlijk energiebeleid (het EU-Verdrag biedt er ook geen juridische basis voor); de lidstaten hebben sterk onderscheiden voorkeuren en beleidstradities op dit terrein.

2.4.3 HET NEDERLANDS BELEID

Nederland heeft bij het klimaatbeleid een voortrekkersrol gespeeld. Beleidsactivisme heeft echter geleid tot versplinterd, technisch ingewikkeld en zich voortdurend wijzigend beleid. De Kyoto-benadering lijkt daar als 'extra beleidslaag' overheen gelegd te zijn. Daarnaast veranderde het beleid door correctie van kostenineffectief beleid, vooral als dat tot begrotingsperikelen leidde. Figuur 2.5 laat zien dat de vermeden emissies tegen het einde van de Kyoto-periode voor hooguit twee vijfde kunnen worden toegeschreven aan beleid dat voortvloeit uit of volgde op het Kyoto-protocol. De rest is het gevolg van autonome veranderingen of ander beleid dat zijdelings ook gunstige klimaateffecten met zich meebrengt.

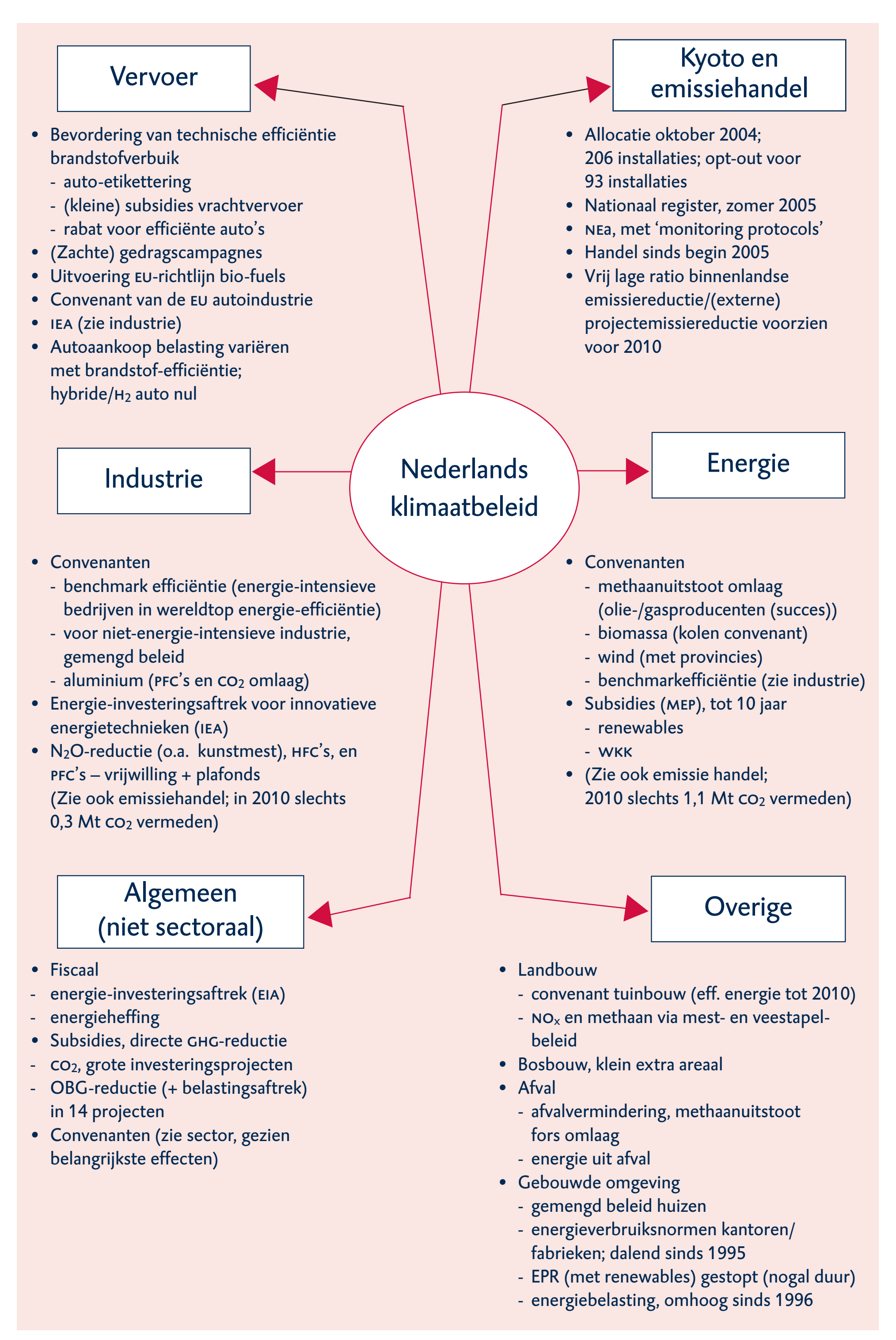
Figuur 2.6 vat het huidige Nederlandse klimaatbeleid samen volgens het formaat van figuur 2.4. Typerend voor Nederland is de veelvuldige aanwending van 'convenanten', soms opzichzelfstaand, soms in samenhang met algemeen beleid (bijvoorbeeld fiscaal) of specifiek beleid (bijvoorbeeld normen of subsidies). Op onderdelen zijn forse subsidies ingezet, zoals milieukwaliteit elektriciteitsproductie (MEP) en energie-investeringsaftrek (EIA), maar soms ook zijn de

Figuur 2.5 Vermeden emissies door binnenlands beleid (in Mt CO_2)



Bron: VROM (2005a), bewerking WRR

Figuur 2.6 Huidig Nederlands klimaatbeleid



Bron: VROM (2005a), bewerking WRR

subsidies dermate miniem (bijvoorbeeld vrachtvervoer) dat de transactiekosten waarschijnlijk hoog zijn ten opzichte van het bereikte effect.

Beide figuren tezamen doen vermoeden dat emissiehandel in Nederland een gering emissiereductiepotentieel heeft, althans in de huidige opzet. Nederland zelf is al behoorlijk CO_2-efficiënt (Ministerie van Economische Zaken 2005). Dit komt ook tot uiting in de wijze waarop het Kyoto-doel gerealiseerd wordt. De emissieruimte onder het Kyoto-protocol bedraagt 199 Mt CO_2-equivalenten per jaar, een reductie van 18 Mt CO_2-equivalenten per jaar ten opzichte van 1990.[14] Dit saldo wordt bereikt door (VROM 2004; VROM 2005b):

- een krachtige, redelijk kosteneffectieve reductie van overige broeikasgassen (OBG) (–18 Mt CO_2-equivalenten per jaar);
- inkoop van rechten in het buitenland (JI + CDM), betaald door de overheid (–20 Mt CO_2-equivalenten per jaar);[15]
- een stijging van de binnenlandse CO_2-emissies met 20 Mt CO_2-equivalenten per jaar.

2.5 CONCLUSIE

Er zijn sterke aanwijzingen dat het klimaat verandert door antropogene invloed. Emissiereductie kan die verandering temperen, maar beheersbaar is het mondiale klimaat niet. Volgens de huidige inzichten zal zonder klimaatbeleid het mondiale temperatuurgemiddelde tot 2100 met 1,4 tot 5,8 °C stijgen ten opzichte van 1990. Voor Nederland is van belang dat daardoor de zeespiegel waarschijnlijk zal stijgen met 20 tot 110 centimeter in de periode tot 2100. Daarnaast wordt een sterk vergrote kans op extreme winterneerslag verwacht, zowel in intensiteit als in frequentie van extremen. Dat heeft vooral gevolgen voor de benodigde afvoercapaciteit van de grote rivieren.

Over de mate van klimaatverandering en over de uiteindelijke effecten bestaat een zeer grote onzekerheid, niet alleen over de omvang van de effecten, maar in een aantal gevallen ook over de richting ervan. Enerzijds levert dat het risico op van het in gang zetten van onomkeerbare veranderingen; anderzijds bestaat het risico van niet-adequaat beleid. Beide risico's kunnen tot hoge kosten leiden.

Als de huidige inzichten correct zijn, is het klimaatprobleem omvangrijk. Op een termijn van circa honderd jaar zou het totale wereldemissievolume moeten dalen ten opzichte van de huidige situatie met circa een factor 2 tot 8, afhankelijk van het model en de uiteindelijk te bereiken CO_2-concentratie. De te verwachten economische groei in nu nog arme landen vergroot het probleem aanzienlijk. Bij een groeiende wereldbevolking daalt het per capita beschikbare budget aan emissievolume (onafhankelijk van de verdeling ervan), terwijl de groei van het welvaartsniveau juist een grotere vraag naar emissieruimte impliceert. Het Kyoto-protocol is daarom slechts een kleine eerste stap op weg naar een houdbaar beleid, hoewel het een belangrijke mijlpaal is in de zin van een

geoperationaliseerde declaratoire consensus over het bestaan van het probleem en de oplossingsrichtingen.

Er kunnen voor het klimaatprobleem drie oplossingsrichtingen worden onderscheiden, die elk op zich zijn op te vatten als deelproblemen, namelijk aanpassing aan een veranderend klimaat, technologieontwikkeling en coördinatie. Aanpassing zal mondiaal moeten gebeuren, maar zal relatief gemakkelijk tot stand komen, omdat de effecten van klimaatverandering en van aanpassingsinspanningen lokaal neerslaan, waardoor het gemakkelijker is om belanghebbenden te mobiliseren. De benodigde technologieontwikkeling zal in rijke landen tot stand moeten komen. Dit probleem is aanzienlijk, maar heeft een relatief lange tijdshorizon. De coördinatieopdracht valt uiteen in drie componenten, namelijk het ontwikkelingstraject van nu nog arme landen, de verdeling van lasten en de allocatie van inspanningen. De kritische termijn bij het ontwikkelingstraject van arme landen is relatief kort, omdat de groei daar in een hoog tempo verloopt, waardoor het emissievolume sterk groeit en veel nieuwe productiemiddelen in gebruik worden genomen die lang meegaan. De verdeling van de lasten van klimaatbeleid en de allocatie van investeringen vormen hindernissen voor het tot stand komen van internationale coördinatie: optimale allocatie wordt verkregen via handel in emissierechten, maar handel vereist een initiële verdeling van emissierechten.

Aanpassing en emissiereductie zijn beide oplossingsrichtingen die geld of economische groei kosten. Idealiter zou klimaatbeleid moeten bestaan uit een optimale mix van beide. Een dergelijke optimale mix is illusoir, omdat er te veel problemen zijn in de waardering van de kosten van beide opties. De kosten van emissiereductie spelen op een veel kortere termijn dan die van aanpassing, en de effectiviteit van beide opties heeft een hoge graad van onzekerheid. Desondanks ligt met opmerkelijke vanzelfsprekendheid in het klimaatbeleid de nadruk op emissiereductie boven aanpassing als eerste prioriteit. Die keuze is op wetenschappelijke basis niet onmiddellijk vanzelfsprekend. De redenering dat emissiereductiebeleid noodzakelijk is omdat de aanpassingskosten prohibitief hoog zijn, is niet zonder meer valide en behoeft nadere beschouwing: we weten het nog niet. De aanpassingskosten spelen op een volstrekt andere termijn dan de kosten van emissiereductie, wat de tijdswaardering van geld en de verdeling van lasten tussen generaties tot een belangrijk, maar in wetenschappelijke zin moeilijk beslisbaar issue maakt. Voorts heeft emissiereductie maar in beperkte mate invloed op de aanpassingskosten in de komende eeuw – hoeveel is een onderwerp voor de volgende hoofdstukken. Hier is de vaststelling voldoende dat de kosten van aanpassing en emissiereductie nagenoeg onvergelijkbaar zijn, maar dat niettemin toch een politieke keuze voor een bepaalde beleidsmix gemaakt moet worden.

Het klimaatprobleem is geen strikt wetenschappelijk probleem, doordat de perceptie ervan sterk waardegebonden is. Dat maakt het formuleren van een effectief klimaatbeleid moeilijk, want de effectiviteit hangt in sterke mate af van

de doelen die worden nagestreefd. Die doelen zijn minder eenduidig dan op het eerste gezicht lijkt. Het voorkomen of verminderen van risico's, van verandering in ecologische systemen, van het onderlopen van laaggelegen gebieden, van schade aan landbouw, van schade door extreme weersgebeurtenissen, voorkeuren voor herverdeling tussen generaties en nog veel meer, al die zaken hebben hun weinig gedefinieerde gewicht in het doel van effectief klimaatbeleid.

Het voorzorgsbeginsel biedt niet onmiddellijk een handvat voor effectief klimaatbeleid. Met het treffen van maatregelen zijn kosten gemoeid die niet verwaarloosbaar zijn. Die kosten moeten worden afgewogen tegen de deels nog onbekende risico's. Het paradoxale feit doet zich dus voor dat een inschatting moet worden gemaakt van het onbekende. Ook kan het voorzorgsbeginsel geen antwoord geven op de vraag wat een verstandige mix is van emissiereductie en aanpassing. Opgevat als preventie heeft het voorzorgsbeginsel geen meerwaarde ten opzichte van het klassieke risicomanagement. Het ontbreken van een optimale beleidsmix impliceert dat ook het aspect van intergenerationele lastenverdeling weinig houvast biedt. Immers, het blijft onduidelijk bij welke mix van aanpassingsbeleid en emissiereductiebeleid die risico's voor toekomstige generaties het meest worden beperkt, terwijl bovendien intergenerationele verdelingscriteria ontbreken. Wel biedt het voorzorgsbeginsel meerwaarde bij het hanteren van kennishiaten. De waarde van de optie van het vroegtijdig ondernemen of nalaten van actie kan worden afgewogen tegen de waarde van toenemende doelgerichtheid van actie in het licht van te verwachten kennistoename.

En ten slotte kan ook op basis van ethische beginselen niet zonder meer een afweging gemaakt worden. Dat spreekt voor zich wanneer men bedenkt dat ethiek meer een methode is om tot verantwoorde besluiten te komen dan een voorschrift voor die besluiten.

De grote mate van onzekerheid en de waardegebonden uitgangspunten maken van klimaatverandering een kneedbaar probleem dat naar believen groter of kleiner kan worden voorgesteld en in een bepaalde richting kan worden gestuurd. De rollen van wetenschap en politiek lopen bij het klimaatprobleem meer dan wenselijk is door elkaar. Het risico bestaat daardoor dat de probleemperceptie en waardegebonden opvattingen te leidend worden voor de wetenschap in plaats van omgekeerd. De indeling van de wereld in 'goed' (lees: Europa en Japan) en 'slecht' (lees: de rest van de wereld) maakt het er niet beter op. Apocalyptische scenario's kunnen effectief zijn om sommige burgers te overtuigen van de noodzaak van ingrijpend klimaatbeleid, maar kunnen evenzeer leiden tot cynisme. Zo'n strategie wordt kwetsbaar wanneer op mondiaal niveau een meerderheid van burgers en regeringen moet worden overtuigd van het nut van potentieel kostbare operaties.

Het zou echter onjuist zijn uit het bovenstaande de conclusie te trekken dat emissiereductie niet nodig zou zijn. Er zijn ruim voldoende aanwijzingen dat er een serieus probleem bestaat of zou kunnen bestaan. Alleen al het gegeven dat de

hoeveelheid GHG's in de atmosfeer een voorraadgrootheid is die ooit moet stabiliseren, maakt evenwicht van uitstoot en opname op langere termijn noodzakelijk voor een duurzame ontwikkeling. Gegeven de onzekerheid zou het beleid niet gericht moeten zijn op optimaliteit, maar meer op robuustheid (Popper et al. 2005). Een robuuste strategie is erop gericht succesvol te zijn in een uiteenlopende variatie van mogelijke scenario's.

Het beleid tot nu toe is niet effectief te noemen. Mondiaal stelt het Kyoto-protocol slechts beperkte doelen en dan nog alleen voor ontwikkelde landen die al een relatief CO_2-efficiënte economie hebben. De EU heeft in 1996 vastgesteld dat de klimaatverandering in de komende eeuw beperkt moet blijven tot 2 °C ten opzichte van het pre-industriële niveau. In 2005 is dit standpunt herbevestigd, maar er is tevens vastgesteld dat de reductiedoelen moeten worden bezien op realiseerbaarheid met inachtneming van het kosten-batenaspect. De EU heeft een uitgewerkt emissiehandelssysteem, dat onder Kyoto echter meer *trade* dan *cap* biedt, zij het dat de CO_2-prijs inmiddels rond 20 à 25 euro per ton ligt. Daarnaast voert de EU specifiek beleid op diverse gebieden. Er is geen heldere taak- en competentieverdeling tussen het niveau van de EU en dat van de lidstaten. Nederland heeft bij het klimaatbeleid een voortrekkersrol gespeeld, maar dat wil niet zeggen dat altijd effectief beleid is gevoerd. Beleidsactivisme heeft geleid tot versplintering en veelvuldige koerswijzigingen. Het potentieel voor effectief binnenlands klimaatbeleid lijkt zeer beperkt.

Klimaatverandering is een lastig probleem. Op korte termijn moet het beleid een tussenweg vinden tussen te weinig actie voor een probleem dat tegenvalt of te veel actie voor een probleem dat in de toekomst kleiner of anders blijkt te zijn dan nu wordt ingeschat. Het is belangrijker opties open te houden dan nu al een volledige route uit te stippelen. Dat het tot nu toe gevoerde beleid hooguit als een eerste begin kan worden opgevat, heeft dus ook voordelen: in het licht van de genoemde afwegingsproblemen zijn nog geen echt foute keuzen gemaakt – wat niet wil zeggen dat de keuzen binnen het tot nu toe bestede budget de meest doelmatige waren. De meeste opties lijken te worden opengehouden wanneer gekozen wordt voor een relatief strikt emissiereductiebeleid, dat zijn effecten heeft op een zo kort mogelijke termijn en dat tevens is gebonden aan een uitgavenplafond. De volgende hoofdstukken zullen nadere invulling geven aan een zowel robuust als effectief beleid.

NOTEN

1 Ruddiman (2006) betoogt bijvoorbeeld dat we ons huidige gematigde klimaat te danken zouden kunnen hebben aan het broeikaseffect dat in gang gezet is toen onze voorouders natte rijst (methaan) gingen verbouwen. Volgens de astronomische kalender zou het nu namelijk tijd zijn voor een ijstijd. De ijstijdencyclus wordt grotendeels bepaald door de precessie van de aardas. De aardas heeft geen vaste richting, maar beschrijft een kegel met een periode van circa 26.000 jaar, waardoor de hoeveelheid geabsorbeerde zonnestraling varieert. Daarnaast zijn er nog andere afwijkingen met andere perioden, waardoor een samengestelde slingering ontstaat.

2 Deze betreft het gebruik van marktwisselkoersen in plaats van koopkrachtpariteiten. Bij marktwisselkoersen lijkt de welvaartsachterstand van arme landen groter dan hij in werkelijkheid is, doordat geen rekening wordt gehouden met het lagere prijspeil.

3 Brief van Castles van 29 augustus 2002: “For example, the Bank (i.e. The World Bank) argues that ‘non-OECD countries use (...) 3.8 times as much energy per dollar of GDP [as OECD countries], (...) [However,] the ratio of use of energy per unit of GDP in non-OECD countries to that in OECD-countries (...) is not 3.8 : 1 but 1.2 : 1.”

4 De verbetering daarin wordt door dezelfde fout overschat, hetgeen de eerdere fout gedeeltelijk compenseert.

5 Een deel van de zeespiegelstijging is autonoom, dus los van klimaatverandering, en wordt veroorzaakt door naijlen van processen in het (verre) verleden.

6 Onenigheid over met name dit punt was voor Chris Landsea reden uit het IPCC te stappen: http://sciencepolicy.colorado.edu/prometheus/archives/science_policy_general/000318chris_landsea_leaves.html.

7 De trend is robuust voor de selectie naar de mate van extremiteit van gebeurtenissen. Het KNMI doet er nader onderzoek naar.

8 De schattingen van de natuurlijke koolstofkringloop lopen uiteen. Ook menselijke aandelen van 10 procent worden genoemd.

9 In een evenwichtssituatie is het saldo van de energiefluxen van en naar een systeem per definitie nul. De gemeten opwarming van de aarde wordt veroorzaakt door een verstoring van de energiebalans in de orde van grootte van 1 W/m^2. De onderliggende energiefluxen van en naar het systeem aarde liggen een factor 100 tot 1000 hoger, waarbij een beperkte kennis geldt over de wijze waarop de samenstellende fluxen (in hoofdzaak straling en reflectie, beide zowel naar de ruimte als naar de aarde, en energietransport via verdamping en condensatie) elkaar onderling beïnvloeden.

10 De volgende term in de reeks 1, 2, 3, . . . is niet 4, maar 10 wanneer men aanneemt dat $y = x^3 - 6x^2 + 12x - 6$. Dit extreme voorbeeld dient slechts om de extreme kracht van kalibratie te illustreren. Modellen (fysische meer dan economische) worden gebaseerd op theorie, maar dat kan een (gedeeltelijk) onjuiste theorie zijn.

11 Voor meer informatie zie: http://sts.gsc.nrcan.gc.ca/permafrost/suppdoc.html en Rozell (2001).

12. In de combinatie van risicomanagement en voorzorg wordt de som van de (bayesiaanse) verwachtingswaarde van het nut van emissiereductie-inspanningen en de optiewaarde ervan afgewogen tegen de kosten van die inspanningen. Er moet gewaakt worden voor dubbeltellingen: wie uitgaat van het slechtst mogelijke scenario neemt al (veel) meer voorzorg dan op basis van het voorzorgsbeginsel rationeel is, omdat de kans dat dit scenario realiteit wordt meestal veel kleiner dan één is.

13 Vaak wordt aangenomen dat waarderingen enigszins zullen convergeren naarmate landen meer welvarend worden. Zo hanteert het NMP4 als uitgangspunt: "Door het toegenomen inzicht in de gevolgen en risico's van klimaatverandering hebben alle belangrijke landen in 2030 ingestemd met mondiale afspraken over de reductie van broeikasgassen." Een dergelijke veronderstelling lijkt redelijk voor duidelijk gedefinieerde milieuproblemen zoals smog, maar een extrapolatie naar het klimaatprobleem is niet zonder meer gerechtvaardigd (Vollebergh et al. 2005).

14 De afwijking ontstaat doordat er een verschil is tussen de in het Kyoto-protocol vastgelegde emissie in 1990 (212 Mt CO_2-equivalenten per jaar) en de feitelijke emissie (217 Mt CO_2-equivalenten per jaar) als gevolg van het peiljaar in de meting van fluorgassen.

15 Conform het uitgangspunt van 50 procent binnenlandse realisatie van –40 Mt CO_2-equivalenten per jaar ten opzichte van BAU.

3 AANPASSING AAN EEN VERANDEREND KLIMAAT

3.1 INLEIDING

Het klimaat verandert onvermijdelijk. Emissiereductie heeft pas effecten op lange termijn. De reeds opgebouwde voorraad CO_2-equivalenten in de atmosfeer is dermate groot (gegeven de verblijftijd van de gassen) dat de komende honderd jaar hoe dan ook een verdere opwarming zal optreden. Het is allerminst zeker dat internationaal voldoende coördinatievermogen kan worden opgebouwd voor succesvolle emissiereductie. Maar zelfs als dat zou lukken, kan een succesvolle emissiereductie het opwarmingsproces niet voorkomen; zij kan slechts leiden tot beperking van de temperatuurstijging in de komende eeuw en van de uiteindelijke temperatuurstijging in de eeuwen die komen. Aanpassing aan een veranderend klimaat is daarom hoe dan ook noodzakelijk. In hoofdstuk 2 is beargumenteerd dat de tijdshorizon van aanpassing en emissiereductie dermate verschillend is dat van een onderlinge uitruilbaarheid maar beperkt sprake is. In die zin bestaat er, zeker mondiaal gezien, geen objectiveerbare optimale keuze tussen aanpassing en emissiereductie.

Ook voor kleine spelers als Nederland en de EU – de EU is mondiaal gezien slechts een kleine speler – bestaat geen keuze tussen aanpassing en emissiereductie. Dat ligt niet wezenlijk anders als een internationaal gecoördineerd beleid gevoerd kan worden. Maar juist die voorwaarde zou de keuzevrijheid nog verder kunnen beperken. Gegeven de internationale diversiteit van belangen en prioriteiten is er een reële kans dat internationaal gecoördineerd broeikasgasbeleid niet of niet voldoende van de grond komt (in de volgende hoofdstukken gaan we daar verder op in). In die situatie kan Nederlands of Europees broeikasgasbeleid nog gerechtvaardigd worden op basis van voorkeuren of ethische gronden, maar niet op basis van effectiviteit. Bij die ethische gronden kan bijvoorbeeld gedacht worden aan verantwoordelijkheid voor de externe effecten van energieconsumptie. Als het gaat om effectiviteit is in die situatie een meer doelmatige inzet van middelen mogelijk dan voor het doel van emissiereductie. Dan blijft bij een verandering die een kleine speler in zijn eentje niet wezenlijk kan beïnvloeden, alleen aanpassing over.

Vanuit aanpassingsoogpunt is klimaatverandering een regionaal probleem: de effecten zijn overal, maar ze worden plaatselijk gevoeld en verschillen lokaal. De vruchten van aanpassingsinspanningen worden ook plaatselijk genoten. Het mobiliseren van belanghebbenden is daardoor gemakkelijker dan bij broeikasgasbeleid, dat immers internationale coördinatie vereist om het *free rider*-effect te beteugelen. Wel kunnen de lasten van aanpassing lokaal zeer uiteenlopen. Sommige arme landen zijn extra gevoelig voor de gevolgen van klimaatverandering, vooral wanneer ze sterk afhankelijk zijn van landbouw en ze daarnaast een beperkt aanpassingsvermogen hebben, omdat ze over weinig economische, technische (vaardigheden, kennis) en institutionele hulpbronnen beschikken. Een

(Nederlands of Europees) beleid om zulke lasten eerlijk te verdelen, vraagt om een zekere internationale coördinatie.

Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd. In paragraaf 3.2 worden zowel de mondiale als de Nederlandse aanpassingsagenda's geïnventariseerd vanuit het oogpunt van beleidsrelevantie. Er wordt slechts in beperkte mate aandacht besteed aan mondiale aanpassingsproblemen, omdat de directe beleidsrelevantie daarvan voor Nederland, zoals hiervoor is gesteld, beperkt is. Uit de inventarisatie zal blijken dat het beleidsrelevante aanpassingsprobleem vooral betrekking heeft op de waterhuishouding. Maatregelen voor aanpassing van de waterhuishouding zullen beslag leggen op de schaarse ruimte (paragraaf 3.3). In dat opzicht vinden er afwegingen plaats met andere ruimtelijke functies. Het kader waarin deze afwegingen plaatsvinden is de ruimtelijke ordening. In dit hoofdstuk zal duidelijk worden dat gedurende de afgelopen decennia een achterstand is ontstaan in de bescherming tegen wateroverlast. Lokale belangen en voorkeuren voor behoud van landschappelijke en cultuurhistorische waarden (op korte termijn) resulteren in weerstand tegen dijkverzwaring. Het is de vraag of de ruimtelijke ordening voldoende toegerust is om de beoogde afwegingen verantwoord te maken. Er is dus naast een technisch probleem ook een bestuurlijk probleem. Daarover handelt paragraaf 3.4. Relevante vragen zijn of de afwegingen op het juiste niveau worden gemaakt en of de daaruit voortvloeiende besluiten ook daadwerkelijk kunnen worden uitgevoerd. Daarnaast is er een regionaal afstemmingsprobleem voor zover het de grote rivieren betreft. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie (paragraaf 3.5).

3.2 DE BELEIDSAGENDA VOOR AANPASSING

In Nederland denken wij bij aanpassing aan klimaatverandering vooral aan de zeespiegelstijging en aan het water dat bij Lobith ons land instroomt. Maar de wereld houdt niet op bij Lobith. Ook internationaal is aanpassing aan een veranderend klimaat belangrijk, omdat het mogelijk onderlopen van de Seychellen of het verdwijnen van ijsberen in de poolgebieden ook Nederland aangaat. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de mogelijke problemen die mondiaal het gevolg zijn van klimaatverandering. Het mondiale *aanpassingsvermogen* laten we in dit hoofdstuk echter buiten beschouwing. De behandeling hiervan komt in het coördinatiehoofdstuk (hoofdstuk 5) aan de orde.

Mondiale gevolgen van klimaatverandering

De gevolgen van klimaatverandering zijn waarschijnlijk groter naarmate de temperatuur mondiaal meer stijgt. Verwacht wordt dat de gevolgen van klimaatverandering regionaal zullen verschillen. Hitz en Smith (2004) brengen de resultaten van een groot aantal studies naar klimaatverandering in kaart. Deze studies beslaan de aandachtsvelden kustgebieden, landbouw, zoetwatervoorraden, gezondheid, energie, natuur, bosbouw, biodiversiteit en zeeleven. Zonder te willen beweren dat er geen andere keuze van aandachtsvelden mogelijk zou zijn geweest, kan gesteld worden dat hiermee een poging gedaan is om de gevolgen van klimaatverandering breed in kaart te brengen.

Bij de meeste studies naar de gevolgen van klimaatverandering kan de vraag gesteld worden of de invloed van klimaatverandering overwegend is. Menselijke activiteiten zijn op vele manieren van invloed op de natuurlijke omgeving. Die invloed loopt niet alleen via de uitstoot van broeikasgassen en de door de mens veroorzaakte mondiale temperatuurstijging. In het algemeen heeft de ontginning van natuurlijke hulpbronnen door de mens verstrekkende gevolgen voor de natuurlijke omgeving. Een deel van de problemen die klimaatverandering met zich mee zou kunnen brengen, is niet nieuw. Oplossingen zijn soms denkbaar, maar blijven uit bij gebrek aan middelen. Studies naar de gevolgen van klimaatverandering geven aan dat deze problemen kunnen verergeren of op grotere schaal kunnen voorkomen. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat ook in de toekomst mogelijke oplossingen niet worden benut.

In het algemeen komt naar voren komt dat de 2 °C-grens die door de EU als richtinggevend voor het beleid is aanvaard, niet noodzakelijkerwijs de temperatuurstijging is waarbij negatieve effecten beginnen te overheersen. Ook hogere temperaturen worden genoemd. Per aandachtsgebied komen de volgende gevolgen van klimaatverandering naar voren:

- Gevaren die de kustgebieden bedreigen zijn onder meer overstromingen als gevolg van de zeespiegelstijging en een grotere kans op stormen en verder een verzilting van het oppervlaktewater.
- Er zijn twee factoren die positief werken op het landbouwpotentieel, namelijk een verhoging van de CO_2-concentratie en een stijging van de temperatuur. Hogere CO_2-concentraties stimuleren de plantengroei. Dit effect kent echter een verzadiging. Hogere temperaturen komen in eerste instantie ten goede aan de productiviteit van het belangrijkste gewas: granen. Door temperatuurstijging kunnen granen op grotere hoogten en op hogere breedtes verbouwd worden. Er is echter een temperatuurdrempel waarboven granen minder goed groeien. Per saldo nemen de potentiële opbrengsten weer af bij een mondiale temperatuurstijging in de orde van 3 à 4 °C. Het hongerprobleem is pas in laatste instantie verbonden met de landbouwopbrengsten. Veel belangrijker zijn de beschikbaarheid van werk voor de armen en de organisatie van de wereldhandel.
- Er worden grote regionale verschillen in veranderingen in de waterbeschikbaarheid voorzien. Per saldo valt er weinig te zeggen over de waterbeschikbaarheid als gevolg van de mondiale opwarming. Waterbeschikbaarheid heeft een belangrijke relatie met landbouw (irrigatie). Het bestaan van een wereldlandbouwmarkt kan de gevolgen van veranderingen in waterbeschikbaarheid voor een belangrijk deel opvangen. Een regionaal krimpende landbouw maakt urbanisatie noodzakelijk.
- In beginsel zou mondiale opwarming de verspreiding van ziekten als malaria kunnen bevorderen. Er zijn echter vele mogelijkheden om dergelijke ziekten een halt toe te roepen. Zij zijn vooral het gevolg van een armoedeprobleem.
- Ecosystemen staan in nauwe relatie met klimaatverandering. Leemans en Eickhout (2004) stellen dat op basis van onderzoek naar de depositie van pollen en op basis van jaarringenonderzoek historische veranderingen in

ecosystemen te reconstrueren zijn. Deze veranderingen komen overeen met wat van klimaatveranderingen bekend is. Ook van toekomstige klimaatverandering verwachten zij grote gevolgen voor de bestaande ecosystemen. Wel zien zij verschillen in aanpassingsvermogen: sommige ecosystemen vertonen een grotere traagheid om zich aan een veranderend klimaat aan te passen dan andere. Graslanden hebben een groter aanpassingsvermogen dan bosgebieden. Veranderingen in het klimaat gaan over het algemeen ten koste van de soortenrijkdom. Er bestaat simpelweg een schaarste aan soorten die goed bestand zijn tegen de nieuwe klimatologische omstandigheden. Hoe sneller de veranderingen optreden, hoe groter de gevolgen voor de soortenrijkdom zijn. De meeste beboste ecosystemen zouden slechts in staat zijn om zich aan te passen aan een temperatuurstijging van 0,05 °C per decade. Leemans en Eickhout geven aan dat de grootste veranderingen zijn te verwachten in de toendragebieden en voor de naaldwouden.

Waaraan zou Nederland zich moeten aanpassen?

Het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) (2005) heeft een uitgebreide inventarisatie gemaakt van de effecten van klimaatverandering in Nederland. Tabel 3.1 is op deze inventarisatie gebaseerd, waarbij geldt dat de laatste vier kolommen een beleidsgerichte interpretatie zijn van het rapport.

Klimaatverandering betekent voor Nederland dat de zomers waarschijnlijk gemiddeld warmer worden, waardoor de kans op extreem warme en droge zomers toeneemt. De zomer van 2003 was naar huidige maatstaven extreem warm en droog; uit weersimulaties blijkt dat dit rond 2050 een gemiddelde zomer zou kunnen zijn (Selten en Dijkstra 2005). De winters zullen waarschijnlijk zachter worden. Qua temperatuur wordt het klimaat in Nederland geleidelijk meer mediterraan. Daardoor zal de intensiteit van de hydrologische cyclus waarschijnlijk toenemen, wat zich vertaalt in een hogere gemiddelde neerslag, maar ook in een grotere variabiliteit in neerslagpatronen. Daardoor zouden we te maken kunnen krijgen met meer perioden van grotere wateroverlast dan we nu gewend zijn, maar waarschijnlijk ook met meer perioden van droogte. Het klimaat lijkt te verruwen (zie tabel 3.1). Hiermee is nog slechts een beeld geschetst van de geleidelijke klimaatverandering die Nederland te wachten staat. Het kan ook zijn dat klimaatverandering komt in de vorm van abrupte omslagen. Een van de mogelijkheden die daartoe zou kunnen leiden is een verandering van de zeestromen die ons klimaat momenteel zo gematigd maken (Schneider en Lane 2004).

In het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Mondiale Luchtverontreiniging en Klimaatverandering is een aantal mogelijke gevolgen van klimaatverandering voor Nederland in kaart gebracht (Van Ierland et al. 2001). Er is gekeken naar de thema's veiligheid, waterkwaliteit en beschikbaarheid, biodiversiteit, energie, voedsel- en plantaardige productie, gezondheid en grondgebruik en ruimtelijke ordening. Binnen deze keur van thema's komt in het licht van de verwachte klimaatverandering de sleutelrol van water naar voren. Dat is deels het

gevolg van het feit dat de klimaatverandering naar verwachting vooral tot uiting komt in een grotere intensiteit van de waterkringloop. Waterbeheer speelt een rol bij de aanpassing aan de verwachte gevolgen voor de landbouw en de natuur. Voor Nederland is de veiligheid tegen overstromingen waarschijnlijk een ernstig probleem. Ook zonder klimaatverandering is dat al het geval. Een ander probleem dat in Nederland opspeelt, is gelegen in de ecologische gevolgen van klimaatverandering. Weliswaar is het ecologisch systeem in belangrijke mate beïnvloed door menselijk ingrijpen in de natuur, maar de waarde die gehecht wordt aan natuurwaarden is er niet minder om. Bovendien heeft Nederland zich in een aantal internationale verdragen gecommitteerd aan de instandhouding van de bestaande natuur.

Klimaatverandering heeft allerlei gevolgen voor de biodiversiteit. Daaronder wordt verstaan de diversiteit in genen, soorten en ecosystemen. Directe effecten zijn er via de temperatuur en de neerslag. Indirecte effecten bestaan doordat klimaatverandering gevolgen heeft voor de bodemkwaliteit en de waterhuishouding. Daarnaast worden veranderingen in de soortenvariëteit teweeggebracht door ecologische interacties tussen verschillende soorten. De gevolgen van klimaatverandering voor ecologische systemen in Nederland zijn complex en moeilijk te voorspellen. Voor de ontwikkeling van ecosystemen zijn natte en droge perioden van belang. In samenhang met klimaatverandering kunnen zich ziekten en plagen ontwikkelen. Waterpeilbeheer kan in bepaalde gevallen veel uitmaken. Voedselbeschikbaarheid en de natuurlijke omstandigheden spelen een belangrijke rol voor de aanwezigheid van dieren. Trekvogels maken bijvoorbeeld op grote schaal gebruik van de mogelijkheden die natte gebieden in de Nederlandse delta bieden.

Extreme winterneerslag leidt tot een grotere belasting van de rivierafvoer, waardoor het overstromingsrisico toeneemt. De trend in de zogenoemde maatgevende afvoer[1] van de Rijn laat tot 2050 een stijging zien van 2,5 procent; die in de Maas met 5 procent (WB21 2000b). Het verschil ontstaat doordat de Maas directer de neerslagpatronen volgt dan de Rijn, doordat bij de Maas buffering nagenoeg ontbreekt. De trend gaat lineair in de tijd door; hij bedraagt dus in 2100 het dubbele en zet zich ook daarna nog voort. De waterafvoer naar zee wordt daarnaast moeilijker door de stijging van de zeespiegel.

De hogere zeespiegel is relevant voor de kusten, maar maatgevend voor het risico is hier vooral de intensiteit van noordwesterstormen, aangezien de dreiging vooral uitgaat van de extreme situaties. Er is ondanks de waarneembare temperatuurstijging in de afgelopen halve eeuw geen waarneembare stijging in de frequentie van windgedreven hoogwateropzetten (RIVM 2004: 113 e.v.; KNMI 2003). Er zijn wel aanwijzingen dat het winterklimaat beheerst gaat worden door zuidelijke wind (Selten en Dijkstra 2005). Zuidelijke wind veroorzaakt minder windopzet.[2] Deze klimaateffecten worden momenteel door het KNMI nader onderzocht (verwacht 2006).

Het oppompen van grondwater voor drinkwater en landbouw alsmede het actieve waterpeilbeheer ten behoeve van de landbouw en stedelijke bebouwing zorgen er onafhankelijk van het klimaatprobleem nu al voor dat de bodem op sommige plaatsen verdroogt, waardoor veengebieden aangetast worden en de bodem daalt (WB21 2000b: bijlage 4). Volgens het NMP4 is de landbouw voor 60 procent veroorzaker van de verdroging en waterleidingbedrijven voor 30 procent. Het plaatselijke verdrogingproces kan versterkt worden door toenemende zomerdroogte. De groter wordende peilverschillen veroorzaken verder zout kwelwater, dat schadelijk is voor de land- en tuinbouw. Bovendien nemen bij grotere peilverschillen de kansen op grote rampen toe, doordat het niet bij natte voeten blijft (het laagste punt van Nederland ligt momenteel op circa –7 meter bij Nieuwerkerk aan den IJssel).

Samenvattend: de dreiging komt van oost (Rijn), west (zee), onder (zoute kwel) en boven (regen).

Ook op Europees niveau is er als gevolg van de klimaatverandering een waterprobleem te verwachten, niet alleen door overstromingen, maar ook vanwege watertekorten, die de landbouw bedreigen. De effecten zijn divers, zodat binnen de EU de belangen niet zonder meer parallel lopen. De landen rond de Middellandse Zee kunnen te maken krijgen met afnemend toerisme in de zomer als gevolg van een te warm klimaat en een watertekort. Dat watertekort wordt echter in belangrijke mate veroorzaakt door de stijgende watervraag, die vooral bepaald wordt door het welvaartsniveau en de bevolkingsomvang. Klimaatverandering vergroot dit probleem verder.

De beleidsrelevantie van aanpassingsproblemen

Vanuit de Eerste Kamer (motie-Lemstra, 85 093, 21 maart 2005) is op de regering een beroep gedaan een visie te ontwikkelen op het aanpassingsbeleid. Voor de overheid zijn aanpassingsproblemen pas relevant als beleid ertoe doet. Die vraag wordt in tabel 3.1 in vier stappen globaal beantwoord. Daarbij gaat het meer om de methode dan om de feitelijke waardering, die immers enigszins waardegebonden en daarmee discutabel is. Anders gezegd: op basis van politieke keuzen kunnen op onderdelen andere waarden worden ingevuld, maar om het beantwoorden van de vier vragen kan de politiek niet heen.

De eerste twee vragen gaan over de waardering van de gevolgen van klimaatverandering. Daarbij is gekozen voor een gemonetariseerde vorm zonder dat dit impliceert dat alleen financiële gevolgen zijn geteld; gemonetariseerd betekent uitsluitend ‘in geld uitgedrukt’ met de daarmee verbonden waarderingsproblemen. Onderdeel van die monetarisering is de kans dat de schade optreedt, gegeven de door het MNP verwachte gevolgen. Zo is de kans groot dat soortenmigratie daadwerkelijk plaatsvindt, gegeven de verwachte temperatuurstijging, maar is de waardering van dat gevolg in monetaire termen problematisch, omdat er een saldo is van positieve en negatieve gevolgen die elk op zich verschillend kunnen worden gewaardeerd.

Gevolgen zijn pas relevant voor beleid wanneer beleid ertoe doet. Niet de vraag of die gevolgen groot zijn is daarbij bepalend, maar de vraag of de gevolgen met aanpassingsbeleid kunnen worden verminderd of voorkomen. De kosten van dat beleid moeten in verhouding staan tot de gemonetariseerde omvang van de consequenties. Ook kleine consequenties zijn beleid waard wanneer dat beleid kosteneffectief is. De laatste vraag handelt ten slotte over de meerwaarde van preventief beleid. De gevolgen van klimaatverandering treden immers pas op relatief lange termijn op. Om daar nu al iets aan te doen moet preventief beleid een meerwaarde hebben boven reactief beleid in de toekomst. Als preventie geen zin heeft, maar de beleidsmeerwaarde is er te zijner tijd wel, dan is beleid nu hoogstens zinvol als budgettaire reservering.

Tabel 3.1 laat zien dat na het beantwoorden van de vier vragen de problemen in de waterhuishouding naar voren springen als probleem met grote consequenties én grote meerwaarde van preventief beleid. Om die reden richt de rest van dit hoofdstuk zich op het waterbeleid. Dat wil niet zeggen dat waterbeleid het enig relevante onderwerp is. Er zijn bijvoorbeeld problemen aanwijsbaar die samenhangen met de investeringscyclus, waarbij preventief beleid een duidelijke meerwaarde heeft. Toch blijven die problemen verder onbesproken, omdat met het signaleren van zulke problemen de oplossing min of meer voor de hand ligt. Daarnaast is een ontsnipperingsbeleid mogelijk verstandig. De motie-Lemstra heeft behalve tot een congres ook tot een ruim palet van deelprojecten geleid. De raad vertrouwt erop dat die deelprojecten ook tot beleid zullen leiden.

3.3 WATER ALS RUIMTELIJK PROBLEEM

3.3.1 NORMSTELLING VOOR DE WATERHUISHOUDING

De normstelling voor de primaire waterkeringen is in Nederland afkomstig van de Deltacommissie (1960), die na de watersnoodramp in 1953 de opdracht kreeg zich te beraden op de veiligheid van Nederland tegen overstromingen. De commissie kwam tot een oordeel op basis van een kosten-batenanalyse. Daarbij werden met de methodische kennis van die tijd de kosten van verbeteringen aan de waterkeringen, zoals dijkverhogingen, afgezet tegen de baten van het voorkomen van overstromingsschade. Het is opmerkelijk dat de toen vastgestelde normen tot op de dag van vandaag fungeren als leidraad voor de veiligheid tegen overstromingen. Wel zijn de normen in de loop der tijd nog aangevuld en herzien. Een kosten-batenanalyse is sindsdien echter nooit meer gemaakt, ten onrechte. Tekstbox 3.1 laat zien dat de economische groei meer bepalend is in een kosten-batenanalyse dan klimaatverandering en dat vooral door waardegroei van het te beschermen goed in de afgelopen veertig jaar een achterstand is ontstaan in het beschermingsniveau tegen overstromingen. De reden hiervoor is dat die waarde aanzienlijk sneller verandert dan het klimaat.

Tabel 3.1 Effecten van klimaatverandering[1]

Oorzaak		Fysieke verandering		
			Sector	**Gevolgen nu (t.o.v. pre-industrieel)**
Temperatuur				
	Gemiddeld	Nu +1 °C, mogelijk oplopend tot maximaal +6 °C		
			Natuur	Noordwaartse verhuizing soorten, toename zuidelijke en algemeen voorkomende, afname noordelijke en specifieke soorten
			Gezondheid	Waarschijnlijk afname alg. gemiddelde relatieve sterfte
			Landbouw	Ziekten/plagen: komen vaker voor
			Gezondheid	Malaria in Nederland
	Extreem, hitte	Nu 3x zoveel warme dagen, ernst en frequentie nemen later extra toe		
			Gezondheid	Toename relatieve sterfte in hete perioden
	Extreem, koude	Nu half zoveel koude dagen, dalende trend		
			Toerisme	Afname schaatsmogelijkheden, kans Elfstedentocht daalt (maar blijft bestaan)
				Afname skimogelijkheden
			Gezondheid	
	Seizoenen	Langere zomer, eerdere lente		
			Natuur	Ecosysteemverstoring, bijv. eilegdatum, verschijnen dieren, bloei voorjaarsplanten
			Landbouw	Langer groeiseizoen
			Toerisme	Verlenging toeristenseizoen, meer periodes met goed weer
			Gezondheid	Lyme: tekenbeten verdubbeld in 10 jaar
	Water-temperatuur	Zeewater wordt warmer		
			Natuur	Verandering planktonsamenstelling, mogelijke gevolgen voor hogere dieren. Afname schelpen in Waddenzee, waardoor afname voor bepaalde vogelsoorten
			Toerisme	Blauwalg-gerelateerde infecties
		Rijntemperatuur nu +3°C, deels door het klimaat. Stijgend onder voorwaarden		
			Industrie	Incidentele koelwater innamebeperking

Toekomstige gevolgen	Kans[2]	Potentiële monetaire consequenties[3]	Beleids-meer-waarde[4]	Meerwaarde preventief beleid[5]
	Varieert met toename			
Verdere verhuizing mobiele soorten, klimaatverplaatsing van 400 km/eeuw is voor veel ecosystemen te snel, vermindering biodiversiteit	Waarschijnlijk	Ingrijpend[6], maar met onzekerheid en waarderings-probleem	Matig, EU-schaal	Groot, ontsnippering
Doorgaande ontwikkeling	Zeer waarschijnlijk	Beperkt (let op: positief)	Laag	Laag
Grotere potentiële oogstverliezen	Beperkt	Beperkt	Laag	Laag
Idem	Nagenoeg uitgesloten	Beperkt	Laag	Laag
	Zeer waarschijnlijk			
Hittesterfte neemt verder toe, verlies in levensjaren beperkt	Waarschijnlijk	Beperkt, met onzekerheid	Matig	Laag
	Zeer waarschijnlijk			
Verdere afname kans ijsperiode (minder dan evenredig)	Zeer waarschijnlijk	Klein	Laag	Matig
Verdere afname skiseizoen en gebied	Zeer waarschijnlijk	Klein	Laag	Laag
Koudesterfte daalt	Zeer waarschijnlijk	Klein	Laag	Laag
	Waarschijnlijk			
Verstoring in de voedselketens neemt verder toe	Waarschijnlijk	Beperkt	Laag	Laag
Doorgaande verlenging; hogere opbrengsten; kansen voor andere gewassen	Nagenoeg zeker	Beperkt (let op: positief)	Laag	Matig (gewastransities)
Nederland aantrekkelijker voor vakantie, Zuid-Europa wordt te heet	Nagenoeg zeker	Beperkt (let op: positief)	Laag	Laag
Verdere toename	Waarschijnlijk	Klein	Hoog	Laag
	Waarschijnlijk			
Verdere verschuivingen met mogelijk sprongsgewijze veranderingen in ecosystemen	Waarschijnlijk	Klein, met onzekerheid	Laag	Laag
Verdere toename	Zeer waarschijnlijk	Klein	Matig	Laag
	Waarschijnlijk			
Kans op beperkingen aanzienlijk	Zeer waarschijnlijk	Beperkt	Matig	Hoog, investerings-cyclus

Tabel 3.1 Effecten van klimaatverandering[1] - vervolg

Oorzaak	Fysieke verandering	Sector	Gevolgen nu (t.o.v. pre-industrieel)
Neerslag			
Gemiddeld (grote variabiliteit)	Nu ca. 20% meer, ook verhouding tussen seizoenen zal veranderen: zomer meer, winter minder		
Extreem: buien	Nu >50% meer dagen met > 15, 20 of 25 mm. Deze trend zal zich doorzetten, meer extreme neerslagdagen		
		Landbouw	Frequentere schade
		Algemeen	Grotere overlast
Extreem: droogte	Meer droge jaren en neerslagtekorten, wel zeer variabel		
		Landbouw	Frequentere schade
		Algemeen, drinkwater	
Verdamping (zomer)	Evenredig met temperatuurtoename, in 2100 +4% tot +16%		
Wind	Afname aantal stormen (vanaf 1962), misschien meer extreme stormen in de toekomst		
Zeespiegelstijging	Komt door smelten landijs, uitzetten zeewater en bodemdaling. Nu +20 cm, verwachting is +10 tot +45 cm (2050) en +20 cm tot +110 cm (2100). Onzekere kans op veel grotere stijging		
		Veiligheid	Groter overstromingsrisico
Rivierafvoeren			
Winter	Maatgevende afvoer gestegen (Rijn: van 15.000 m^3 naar 16.000 m^3), toename met 3% tot 10% voor de Rijn en 5% tot 10% voor de Maas in 2050		
		Veiligheid	Groter overstromingsrisico
Zomer	Gemiddeld lagere afvoeren, minimum 10% tot 50% lager in 2050		
		Industrie	Scheepvaart: incidentele beperkingen bij droogte
Wateroverlast			
IJsselmeerpeilen	Meerpeil iets toegenomen, dit zal zich vooral in de winter voortzetten. Fluctuaties nemen toe		
		Waterbeheer	

1 Deze tabel is een aangepaste kopie van een tabel in ‘Effecten van klimaatverandering’, Milieu en Natuurplanbureau 2005: 12-13. De laatste drie kolommen zijn een eigen interpretatie van de hoofdtekst uit dit rapport.
2 De kans op een effect is een conditionele kans, met de er bovenstaande fysieke verandering als conditie. Bijvoorbeeld: een langer groeiseizoen is nagenoeg zeker áls er een verschuiving in de lengte van de seizoenen komt. Die verschuiving op zich is echter allerminst zeker.
3 De consequenties van de realisatie van dit effect worden hier aangegeven in een gemonetariseerde vorm. Het handelt dus niet slechts om schades die van zichzelf monetair van aard zijn. Er is gekozen voor een globale indeling in de categorieën ‘klein’, ‘beperkt’, ‘omvangrijk’. De onzekerheden bij een aantal vermeldingen reflecteren de onzekerheid over de waarde van een verandering, niet de onzekerheid óf de verandering zal plaatsvinden (kolom ‘Kans’).

Toekomstige gevolgen	Kans[2]	Potentiële monetaire consequenties[3]	Beleids-meer-waarde[4]	Meerwaarde preventief beleid[5]
	Waarschijnlijk			
	Onduidelijk			
Doorgaande ontwikkeling	Nagenoeg zeker	Beperkt	Matig	Matig
Doorgaande ontwikkeling	Nagenoeg zeker	Beperkt	Laag	Hoog, investerings-cyclus, ruimteopties
Doorgaande ontwikkeling	Zeer waarschijnlijk	Beperkt	Matig	Laag
Zoutindringing	Zeer waarschijnlijk	Beperkt	Matig	Laag
	Gekoppeld aan temperatuur			
	Nu: zeer waarschijnlijk, toekomst onzeker			
	Nu: zeker, met tijd afnemende zekerheid			
Verder oplopend	Nagenoeg zeker	Omvangrijk	Hoog	Hoog, opties reserveren
	Varieert met toename			
Verder oplopend	Nagenoeg zeker	Omvangrijk	Hoog	Hoog, opties reserveren
Door verdere afname lage afvoeren grotere beperkingen	Zeer waarschijnlijk	Klein	Matig	Laag
	Waarschijnlijk			
Afvoer kan problemen geven bij extremen	Nagenoeg zeker	Beperkt	Hoog	Laag

4 De meerwaarde van beleid geeft aan in hoeverre schadelijke effecten vermeden of verminderd kunnen worden door beleidskeuzes, zowel vooraf als reactief. Deze meerwaarde is ingeschaald als ‘laag’, ‘matig’ of ‘hoog’.
5 Welk deel van de beleidsmeerwaarde is exclusief preventief?
6 Hier spelen ten minste twee grote problemen rond de monetarisering van het effect. Allereerst is de monetarisering van biodiversiteit uiterst onzeker. Hiernaast, in dit specifieke geval, betreft het disnut (de negatieve waarde) niet het verschil tussen een eindtoestand en een begintoestand, maar de verandering an sich.

Tekstbox 3.1 De houdbaarheidsdatum van een kosten-batenanalyse

Het risicobeheer in Nederland voor de dijkringgebieden langs de kust is gebaseerd op kosten-batenanalyses door de Deltacommissie in 1960 naar aanleiding van de watersnoodramp van 1953 (RIVM 2004). Deze commissie berekende uit de kosten van zowel een ramp als die van dijkverzwaring dat een 'ramppeil' eens per 125.000 jaar aanvaardbaar was, wat zich vertaalt in een overschrijdingskans van eenmaal per 10.000 jaar.[3] Sindsdien zijn die normen niet bijgesteld. De potentiële overstromingsschade bestaat uit verlies aan mensenlevens en uit economische schade in een onderlinge weging die nooit expliciet is gemaakt. Maar beide potentiële schades zijn sinds 1960 sterk toegenomen.[4] Die toename van potentiële schade rechtvaardigt, in termen van kosten en baten, een hogere beschermingsnorm. Daar komt nog bij dat welvaart in het algemeen risicomijdend maakt: veiligheid is een luxegoed. Op basis daarvan zou de beschermingsnorm nog verder gestegen moeten zijn.

Als de kosten-batenanalyse van de Deltacommissie valide was, is de mate van bescherming tegen hoogwater in de loop van de afgelopen decennia minder dan optimaal geworden.[5] Dit geldt te meer omdat de Deltacommissie geoordeeld heeft dat wegens een mindere mate van economische ontwikkeling voor de gebieden buiten Centraal Holland een grotere overschrijdingskans (eens per 4000 jaar) acceptabel was.[6] De Deltacommissie is dus afgeweken van het berekende optimale beschermingsniveau in de richting van een lager beschermingsniveau.

De herziening van de Wet op de waterkering beoogt rekening te houden met de toenemende bevolkingsdichtheid in dijkringgebieden en de toenemende economische waarde door een 10-jaarlijks verslag over de overstromingskansen en overstromingsgevolgen en de conclusies daaruit voor de veiligheidsnormering. De eerste keer dat verslag zal worden gedaan is voorzien rond 2008. In het veiligheidsbeleid spelen naast de veiligheidsnorm ook maatregelen een rol die gericht zijn op het beperken van een calamiteit. Aangezien de economische waarde van het te beschermen gebied ongeveer elke dertig jaar verdubbelt, lijkt het een redelijke verwachting dat de invloed van de ontwikkeling van die waarde van veel meer gewicht is in de kosten-batenanalyse dan de tragere verandering van het klimaat: we verwachten immers niet in dertig jaar een verdubbelde overstromingskans door klimaatverandering. Maar beide ontwikkelingen versterken elkaar wel, hetgeen geleid heeft en zal leiden tot een afnemende mate van bescherming.

Voor de waterkeringen aan de Hollandse kust stelde de Deltacommissie een norm voor de overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar voor en voor de waterkeringen in Zeeland, Friesland en Groningen een norm van 1/4000 per jaar. De watersnoodramp van 1953 had ook bezorgdheid opgeroepen of de dijken van de grote rivieren wel bestand zouden zijn tegen hoge waterstanden. In overleg met de provincie Gelderland stelde de minister van Verkeer en Waterstaat de maatgevende afvoer van de Rijn vast op 18.000 kubieke meter per seconde, met een kans van voorkomen van 1/3000. Dit had als consequentie dat het grootste deel van de dijken ingrijpend versterkt moest worden. De uitvoering van dit project leidde vervolgens weer tot zo veel onrust bij de bevolking dat de minister van Verkeer en Waterstaat in 1975 de commissie-Becht instelde om de gekozen norm van 1/3000 te heroverwegen. De conclusie van deze commissie was dat het

verantwoord was om van een veel lagere norm van 1/1250 per jaar uit te gaan. De commissie berekende dat daarmee een maatgevende afvoer van 16.500 kubieke meter per seconde verbonden was (Commissie Rivierdijken 1977). Na aanhoudende maatschappelijke weerstand tegen rivierdijkversterking riep de minister van Verkeer en Waterstaat in 1992 de eerste commissie-Boertien in het leven, die adviseerde de maatgevende afvoer te verlagen naar 15.000 kubieke meter per seconde. Voor de Maas adviseerde een tweede commissie-Boertien een maatgevende afvoer van 3650 kubieke meter per seconde bij een overschrijdingskans van 1/1250 per jaar (Commissie Watersnood Maas 1994). De aanvankelijk hoog gestelde veiligheidsnormen voor de grote rivieren zijn onder maatschappelijke druk dus steeds verder verlaagd en de uitvoering van projecten is ook steeds verder in de tijd uitgesmeerd. Het draagvlak onder de bevolking in het rivierengebied bleek uiterst zwak te zijn. De helft van de bevolking was ronduit tegen dijkversterking (Hufen 1998).

Door de extreem hoge waterafvoeren in het midden van de jaren negentig is het tij ten aanzien van de normstelling gekeerd. Wateroverlast in 1993 en 1995 leidde tot het Deltaplan grote rivieren. Dit plan maakte een versnelde uitvoering van dijkversterkingen mogelijk. Een en ander werd geregeld in de Deltawet grote rivieren (1995) en de Wet op de waterkering (1996). De maatgevende waterafvoer bij Lobith werd in 2001 op 16.000 kubieke meter per seconde gelegd.[7] Voor de Maas is de maatgevende afvoer op 3800 kubieke meter per seconde gelegd. Het RIVM (2004) constateert dat met het verstrijken van de tijd sinds de hoogwaters van 1993 en 1995 alweer veel van het gevoel van urgentie verdampt is. Een deel van de waterkeringen voldoet niet aan de huidige gestelde normen.[8]

Ondertussen begint ook door te dringen dat klimaatverandering de Nederlandse delta in de verdere toekomst nog meer parten zou kunnen gaan spelen. Door de Commissie Waterbeheer 21e eeuw zijn voor de Rijn en de Maas wateraanbodscenario's ontwikkeld. Tabel 3.2 laat zien dat daarin de maatgevende waterafvoer nog hoger wordt gelegd.

Een maatgevende waterafvoer van 18.000 kubieke meter per seconde voor de Rijn wordt als een maximum gezien, omdat bij een grotere afvoer de dijken in Duitsland zouden overstromen. Als Duitsland, tegen de huidige internationale afspraken in, zijn dijken verder zou verhogen, kan de maatgevende afvoer in Nederland nog verder stijgen. Een veranderende klimaatsituatie zou daartoe de aanleiding kunnen geven.

De onzekerheidsmarges in de maatgevende waterafvoer zijn groot, zowel de onzekerheid over de huidige als over de toekomstige situatie. In de huidige situatie betreft de onzekerheid de afleiding van de maatgevende afvoer uit de gekozen overschrijdingskans.[9] Soortgelijke onzekerheden gelden ook voor de fysieke dijktoestand en voor de windopzet (relevant voor het IJsselmeer en de Noordzee). Vertaald naar de vereiste dijkhoogte bedraagt de onzekerheid ongeveer een meter.

Tabel 3.2 Maatgevende waterafvoer in klimaatscenario's (m^3/s)

	Huidig	Minimum	Midden	Maximum
		Projectiejaar: 2050		
Temperatuur		+0,5 °C	+1 °C	+2 °C
Rijn	16.000	16.400	16.800	17.600
Maas	3.800	3.990	4.180	4.560
		Projectiejaar: 2100		
Temperatuur		+1 °C	+2 °C	+4 °C
Rijn		16.800	17.600	18.000
Maas		4.180	4.560	5.320

Bron: Basisrapport bij het advies van de Commissie Waterbeheer in de 21e eeuw (WB21 2000b)

In de toekomst komt daar nog de onzekerheid bij over de mate van klimaatverandering en de gevolgen daarvan voor het waterpeil van zowel de grote rivieren als de zeespiegel. De te verwachten afvoerwaarden in de klimaatscenario's van tabel 3.2 liggen binnen de huidige onzekerheidsmarge, maar de grenzen van de onzekerheidsmarge zullen vanzelfsprekend zelf wel verschuiven. Uitgaande van de huidige onzekerheidsmarge van circa 20 procent zou de bovengrens voor de Rijn in 2100 in de richting van 22.000 kubieke meter per seconde gaan.

Het RIVM (2004: 80) signaleert een selectief omgaan met nieuwe kennis: kennis die een verlaging van de basispeilen indiceert, vindt eerder zijn weg in het beleid dan bijvoorbeeld kennis die wijst op grotere onzekerheden of een hoger basispeil dan eerder aangenomen.

Tot op heden zijn er voor de secundaire waterkeringen geen wettelijke normen gesteld. Wel bestaat er sinds 1999 een richtlijn van het Interprovinciaal Overleg voor de sterkte van secundaire waterkeringen. De aanleiding voor het opstellen van een richtlijn voor secundaire waterkeringen kan al gevonden worden in de doorbraak van een secundaire waterkering bij Tuindorp Oostzaan in 1960. Als klimaatverandering zou leiden tot hogere frequenties van extreme neerslag, dan neemt de kans op lokale overstromingen toe en wordt het noodzakelijk om de secundaire waterkeringen aan de veranderde situatie aan te passen. Het zou daarbij doelmatig zijn om de afweging tussen de kosten van aanpassing en de verwachte schade van overstroming lokaal te maken en niet voor elke polder dezelfde norm te hanteren.

3.3.2 INHOUDELIJKE OPLOSSINGSRICHTINGEN

Gezien de onzekerheid over de te verwachten ontwikkelingen moet de aanpassing aan klimaatverandering gericht zijn op robuustheid. Omdat het schaderisico gelijk is aan het product van de schadekans en de potentiële schadeomvang, zijn er twee aangrijpingspunten om het risico te reduceren: schadekans en schadeomvang.

Tot niet zo lang geleden werden overstromingen in het rivierengebied geaccepteerd: bij een hoge waterstand konden bij zogenoemde overlaten delen van het rivierengebied worden geïnundeerd, waardoor overtollig water tijdelijk werd opgeslagen. In 1942 werd de Beerse Overlaat als laatste gedicht, nadat de Maas geschikt was gemaakt voor het verwerken van zeer grote afvoeren. Sindsdien is het waterbeleid gericht geweest op het reduceren van de schadekans, het voorkomen van overstromingen. Ook van de kant van de zee was het beleid gericht op reductie van de schadekans. Het waterbeleid richtte zich op dijken en gemalen. Dat beleid voldoet tegenwoordig echter steeds minder, vooral omdat het gevoel van veiligheid aanleiding geeft tot investeringen in beschermde gebieden, waardoor uiteindelijk het schaderisico per saldo stijgt in plaats van daalt. Deze problemen in de waterhuishouding bestaan ook al zonder klimaatverandering, maar ze worden door klimaatverandering nog eens versterkt.

Het alternatief voor het reduceren van de schadekans ligt in het reduceren van de schadeomvang. Voor het schaderisico bij rivieroverstromingen is alleen de economische schade relevant. Door verbeterde voorspellingstechniek en communicatie bestaat inmiddels een waarschuwingstijd voor dreigende overstromingen van vier dagen voor de Rijn en 36 uur voor de Maas; verdere verbeteringen zijn hier nog mogelijk (Hooijer et al. 2002). Overstromingen vanuit zee hebben naast het risico van economische schade wel een hoog slachtofferrisico. Dat geldt door de hoge bevolkingsdichtheid in bijzondere mate voor Centraal Holland.

Verstedelijking, landbouw, natuur en infrastructuur leggen concurrerende claims op de ruimte, die samen groter zijn dan Nederland. Ruimte is in Nederland een schaars goed, waarmee zuinig moet worden omgesprongen. Er moeten afwegingen gemaakt worden tussen *acceptatie* (van overstromingsrisico's op bepaalde plekken), *ruimte* (verplaatsen van functies en/of ruimte vrijmaken voor flexibele waterverdediging) en *techniek* (pompen en waterkeringen).

De rivieren

Het besef is ontstaan dat het probleem van wateroverlast als gevolg van klimaatverandering zou kunnen verscherpen. Dat heeft ertoe geleid dat de aandacht naast verticale waterberging door dijkversterking ook uitgaat naar horizontale berging door het water de ruimte te bieden. In de Beleidslijn Ruimte voor de rivier (1996) is het streven verwoord om ruimte voor de rivieren te behouden en te creëren in het belang van de veiligheid en de beperking van schade door overstroming. In Nederland neemt de druk op de ruimte toe en de tendens is eerder om de rivieren minder ruimte te bieden dan meer. In dat verband betekent de Beleidslijn een breuk met het verleden.

Er zijn voor de aanpak van overstromingsrisico's drie mogelijke richtingen denkbaar (Klijn et al. 2004). De eerste is de gebruikelijke versterking en verhoging van de rivierdijken gecombineerd met het onderhoud van de geul. De tweede biedt ruimte aan de rivier in de vorm van een serie overlaatgebieden die ten tijde van hoogwater vol kunnen lopen. Bestaande ringdijkgebieden zouden zodanig in

omdijkte delen opgesplitst moeten worden dat de economische schade bij het vollopen van de overlaatgebieden zo gering mogelijk is. Voor de bedijking moeten hoge normen gelden voor economisch waardevolle gebieden. Een derde richting is om de ruimte voor de rivier zo in te richten dat nieuwe geulen ontstaan die enkel bij hoogwater gebruikt worden. De timing van deze verschillende ontwikkelingsrichtingen loopt uiteen. De eerste twee aanpakrichtingen kunnen gefaseerd uitgevoerd worden. Bij de derde is de mogelijkheid van fasering beperkt. Er bestaat grote onzekerheid over de ontwikkeling van de benodigde afvoercapaciteit. Het kan na verloop van tijd blijken dat de eerste aanpak van de verticale versterking, die tevens de goedkoopster is, uiteindelijk niet voldoet. Het kan ook blijken dat de derde aanpak, die de duurste is, uiteindelijk niet noodzakelijk was.

De Commissie Waterbeleid in de 21e eeuw (WB21 2000a) heeft water als ruimtelijk probleem gedefinieerd met de 'drietrapsstrategie waterkwantiteit', die als prioriteitenvolgorde stelt: vasthouden – bergen – afvoeren. Die prioriteitenvolgorde is mede ingegeven door de wens in perioden van droogte ook watertekorten op te vangen. De commissie begroot tot 2015 ongeveer een ruimtebehoefte van 40.000 hectare voor het hoofdsysteem en nog eens 15.000 hectare voor de regionale watersystemen. Tussen 2015 en 2050 zou daar nog eens 20.000 respectievelijk 35.000 hectare bij moeten komen.

Voor horizontale berging zoals voorgesteld door de commissie bestaan verschillende alternatieven. Een richting is om zo veel mogelijk aan te sluiten bij de bestaande situatie en lokaal verdergaande maatregelen te nemen. Dit is de richting waarvoor in het advies ten behoeve van het kabinetsbesluit deel 1 Ruimte voor de Rivier is gekozen (Stuurgroep Bovenrivieren – Stuurgroep Benedenrivieren 2005). In dit Regioadvies zijn drie uiteenlopende toekomstbeelden in studie genomen, namelijk 'kralen aan het snoer' (concentratie van maatregelen in enkele gebieden), 'nieuwe waterwegen' (stelsel van groene rivieren) en 'verbreed rivierlint' (dijkverleggingen en uiterwaardmaatregelen).

Het advies zet vooral in op plaatselijke dijkverleggingen, uiterwaardmaatregelen, stedelijke hoogwatergeulen en als sluitstuk retentie. Vanzelfsprekend heeft de ruimtelijke inrichting gevolgen voor de economische ontwikkeling van de desbetreffende gebieden. Lokaal roept dit weerstanden op. Een andere richting, waarvoor in het desbetreffende advies nadrukkelijk niet gekozen wordt, betreft de aanleg van een stelsel van vier zogenoemde groene rivieren langs de Waal en de IJssel. Het betreft hoogwatergeulen die alleen bij hoge waterstanden voor de afvoer van rivierwater gebruikt worden. De reden om deze richting niet in te slaan ligt in de hoge kosten, het veiligheidsrisico van het ontstaan van eilanden bij het gebruik van de groene rivieren en in de aantasting van landschappelijke waarden.

In de Nota Ruimte worden de uitgangspunten van WB21 voor het waterbeheer ('drietrapsstrategie waterkwantiteit') wel omarmd, maar nog weinig in proac-

tief beleid uitgewerkt.[10] Het beleid is gericht op 'anticiperen op en meebewegen met water', 'investeren in de kwaliteit van natuur' en 'landschap ontwikkelen met kwaliteit'. Bij de ruimtelijke inrichting gaat het om het compenseren van nadelige effecten van ingrepen: 'de bestaande ruimte voor de rivier wordt behouden'.

De operationalisering van het waterbeleid voor de grote rivieren vindt vooral plaats in het Regioadvies (Stuurgroep Bovenrivieren – Stuurgroep Benedenrivieren 2005). Dit advies gaat uit van een langetermijnbeleid gericht op een maatgevende afvoer van 18.000 respectievelijk 4600 kubieke meter per seconde. Een van de redenen daarvan is dat een frequenter voorkomen van hoge waterstanden zou kunnen leiden tot aanpassingen in het stroomgebied in Duitsland. In de huidige situatie zouden de bovengenoemde waterhoeveelheden tot overstromingen in Duitsland leiden, waardoor de waterafvoer in Nederland in de tijd wordt afgevlakt. Dat vermindert het overstromingsrisico hier aanzienlijk, maar het is de vraag of voor de lange termijn van die situatie kan worden uitgegaan. Het regeringsbeleid gaat voorlopig (tot 2015) uit van een maatgevende afvoer van 16.500 kubieke meter per seconde.

Bij een substantiële groei van de te verwerken waterhoeveelheden wordt het tijdelijk bergen van water in overloopgebieden een steeds minder aantrekkelijke optie. Om een overschrijding van de huidige maatgevende afvoercapaciteit van de Rijn met 2000 kubieke meter per seconde[11] gedurende vijf dagen te bergen is minimaal een gebied van circa 20 bij 22 kilometer nodig dat tot twee meter diep kan worden gevuld.[12] Dit voorbeeld laat tevens zien dat zogenoemd flexibel peilbeheer slechts in beperkte mate effectief is voor het bergen van overtollig water in extreme situaties. Met een dergelijke ruimte-inzet kan de afvoercapaciteit van de grote rivieren nog sterk worden vergroot wanneer gekozen wordt voor stromende berging door een verbreding van het winterbed. Een ruimte-inzet van 40.000 hectare levert over het stroomgebied van de Rijn in Nederland een extra breedte voor het winterbed van ongeveer 2,5 kilometer. Natuurlijk is die breedte door bebouwing lang niet overal realiseerbaar. In zulke gevallen kunnen *bypasses* extra capaciteit realiseren, soms in combinatie met landschappelijk aantrekkelijke opties. Het is van belang voor de toekomst zo veel mogelijk opties open te houden, aangezien het veranderen van met name stedelijke bestemmingen met hoge kosten gepaard gaat.

Een goede bescherming tegen hoog water neemt niet alle risico's weg. Er blijft altijd het zogenoemde restrisico van een calamiteit. Naarmate de toestand van de dijken uniformer voldoet aan de veiligheidsnormering, wordt de situatie in geval van calamiteiten minder voorspelbaar: er zijn geen duidelijke zwakke plekken aanwijsbaar waar een dijkdoorbraak zal plaatsvinden, met als ongewenst gevolg dat doorbraken mogelijk ongecontroleerd op meerdere plaatsen tegelijk plaatsvinden (Hooijer et al. 2002). Gecontroleerde overstromingen in gebieden met geringe economische waarde reduceren de overstromingskans in gebieden met grote economische waarde, waardoor per saldo het schaderisico daalt bij een stij-

gende (maar gecontroleerde) overstromingskans. Met het oog daarop zijn in de Nota Ruimte noodoverloopgebieden geïntroduceerd, die in geval van een calamiteit gecontroleerd kunnen overstromen. Besluitvorming erover heeft nog niet plaatsgehad.[13] Het risico van het afwijzen van noodoverloopgebieden is dat bij burgers onvoldoende bewustzijn bestaat over het zogenoemde restrisico. Een zonering met beschermingsniveaus (maar niet met een nulrisico) kan een leidraad geven voor te nemen maatregelen en beperkt het aansprakelijkheidsrisico voor de overheid (Hooijer et al. 2002).

Voor schaderegelingen zijn duidelijke richtlijnen van belang, waardoor onzekerheid over de te vergoeden schade wordt gereduceerd. Die onzekerheidsreductie is belangrijk, omdat onduidelijkheid bijdraagt aan de vraag naar een 'geen risico'-strategie en geen prikkel geeft voor het nemen van eigen verantwoordelijkheid voor schadereductie (Hooijer et al. 2002).

Landinrichting en grondgebruik

De problemen met de waterhuishouding zijn niet beperkt tot de grote rivieren. Ook buiten de grote rivieren is klimaatverandering niet de enige oorzaak van problemen. Met name in het lagere gedeelte van Nederland speelt het probleem van de bodemdaling. In de veengebieden oxideert de veengrond bij contact met de lucht. Deze daling kan oplopen tot een meter per eeuw. In het noorden van het land daalt de bodem als gevolg van de gaswinning. Deze daling kan enkele decimeters per eeuw bedragen. Ten slotte is er een geologische kanteling van Nederland met enkele centimeters per eeuw. De bodemdaling vormt vooral een probleem in de kustgebieden. Door de bodemdaling zal de schade van een eventuele overstroming toenemen. Ook vindt als gevolg van de bodemdaling bij de afvoer van de grote rivieren in zee meer opstuwing plaats. De zeespiegelstijging vergroot dit probleem nog.

Het proces van bodemdaling wordt versterkt door een lage grondwaterstand. Op veel plaatsen wordt het grondwaterpeil actief verlaagd ten behoeve van bebouwing en landbouw. Een hoger waterpeil in veenweidegebieden is gewenst om water langer vast te houden, verdroging tegen te gaan en het proces van bodemdaling te vertragen (VROM-raad 2002). Een duurzaam waterbeheer zou daarom met name in de regionale watersystemen gebaat zijn met meer ruimte voor water. Die ruimte kan worden gevonden door anders om te gaan met landinrichting en grondgebruik. Geleidelijk is in de afgelopen vijftig jaar de functie van de grondgebonden landbouw verbreed naar recreatieve en esthetische functies. Het 'platteland' is er niet alleen meer voor de agrarische productie, maar ook voor de landschapswaarde. Zowel boeren als stedelingen kunnen er baat bij hebben wanneer de landschapswaarde explicieter als product van het platteland wordt gezien: dat leidt soms tot een andere invulling van delen van het platteland. De klimaatverandering voegt daar nog het waterbelang aan toe. Het waterbelang laat zich beter combineren met de landschapswaarde dan met de productieve agrarische waarde.

De zee

De kuststrook kent in de huidige situatie een aantal zwakke schakels (RIVM 2004). Kustverdediging is per definitie defensief, maar hoeft daarmee niet inflexibel te zijn. Het zandsuppletiebeleid geldt als effectief voor het handhaven van de kustlijn, maar daarnaast is een landinwaartse kustverdediging op sommige plaatsen een realistische optie. Voor zulke landinwaartse oplossingen moet wel ruimte worden gereserveerd.

De zeespiegel als waterniveau is slechts één van de relevante factoren in de kustverdediging. De wind, windrichting en golfhoogte zijn minstens zo belangrijk. Met name over golven is de kennis nog betrekkelijk recent en neemt geleidelijk toe. De golfbelasting is waarschijnlijk aanmerkelijk zwaarder dan waarmee in de hydraulische randvoorwaarden rekening wordt gehouden. Daar komt bij dat een hogere zeespiegel een diepere Noordzee oplevert, en daarmee een trend naar (iets)[14] hogere golven. Daar staat tegenover dat de stormfrequentie in de afgelopen vijftig jaar is afgenomen (zie hoofdstuk 2). Cijfers van het KNMI geven aan dat het aandeel van de noordwesterstormen in het totaal van de stormen in de loop van de vorige eeuw is afgenomen. Garanties voor de komende eeuw geeft dat overigens niet.

Wanneer op zeer lange termijn (na 2100) de zeespiegelstijging overstroming vanuit zee tot realistisch risico maakt (zou maken, want we weten dat nog niet), zou een vooruitziend ruimtelijk beleid gezorgd moeten hebben voor een bescherming van het economisch zwaartepunt van Nederland. Een verkenning in het kader van het Neo-Atlantis-project geeft aan dat hiervoor mogelijkheden bestaan, maar dat deze kostbaar zijn (Oltshoorn 2002). In dit project zijn de mogelijke reacties op een relatief snelle zeespiegelstijging van 5 meter in een tijdspanne van een eeuw als gevolg van het smelten van de *West-Antartic Ice Sheet* onderzocht.

Door het vormen van kleinere compartimenten in het te beschermen gebied kan de schadeomvang bij calamiteiten worden ingeperkt. Groningen en Friesland hebben een relatief hoge geschatte potentiële schadeomvang die het gevolg is van de grootte van dit dijkringgebied. Ook in Centraal Holland en Noord-Holland zou compartimentering kunnen bijdragen aan vermindering van de schadeomvang (RIVM 2004: 142). Maar compartimentering heeft ook nadelen: bij overstromingen komt in kleine, laaggelegen compartimenten snel veel water te staan en de kosten van aanleg en onderhoud van waterkeringen kunnen hoog oplopen. Leven met overstromingskansen vereist dat in de ruimtelijke ordening rekening wordt gehouden met een overstromingsscenario: waar liggen vluchtplaatsen (hoger gelegen woonwijken, hoogbouw); waar zal het water (tijdelijk) worden tegengehouden door obstakels (bijvoorbeeld wegtaluds kunnen zo een dubbele functie hebben); waar zal het water juist gemakkelijk doorgang vinden (tunnels, bruggen)?

De kosten van waterbeleid

De Deltacommissie achtte een uitgave van 0,5 procent van het BBP aan beveiliging tegen overstromingsgevaar 'geenszins ontoelaatbaar'. De huidige uitgaven liggen ongeveer een factor 3 daaronder. Dat lijkt aan de (zeer) lage kant, omdat de waarde van het te beschermen goed sterk is gestegen (verwachtingswaarde = kans maal effect) en omdat een gestegen welvaartsniveau ook de risicopreferentie (de prijs van risico) beïnvloedt. Beide factoren rechtvaardigen een lager overstromingsrisico dan tot nu is gehanteerd. Anders gezegd: we moeten niet zozeer (of niet alleen) meer geld uitgeven aan beveiliging tegen overstromingsgevaar vanwege klimaatverandering, maar vooral omdat we met een hoger welvaartsniveau meer veiligheid kunnen en willen kopen.

Het CE-rapport voor de Tweede Kamer (Rooijers et al. 2004) haalt een oude schatting aan uit 1990 dat tot 2090 circa 8 miljard euro nodig is voor sterkere kustverdediging vanwege de zeespiegelstijging, zeg zo'n honderd miljoen euro per jaar. Klijn et al. (2004) noemen nettocontantewaardebedragen variërend van 0,9 miljard euro voor verticale waterberging tot 8 miljard euro voor de ontwikkeling van groene rivieren. De Commissie Waterbeleid in de 21e eeuw (WB21 2000a) begroot tot 2050 een extra bedrag van 230 miljoen euro per jaar voor het hoofdsysteem en de regionale watersystemen, hoofdzakelijk bestemd voor de verwerving van grond. In eerste instantie is de keuze van de commissie voor een ruimtelijke oplossing duurder dan een keuze voor technische oplossingen, maar de commissie kiest er toch voor vanwege het langetermijnperspectief. Het opmerkelijke aan deze schattingen is vooral dat ze zo veel *onder* de kosten-batennorm van de Deltacommissie liggen.

De conclusie is dat de verwachte uitgaven als gevolg van klimaatverandering in de komende eeuw alleszins overzichtelijk blijven, ook wanneer het waterbeleid door klimaatverandering aanmerkelijk duurder zal worden. Immers, in het rivierengebied bestaat potentieel een aanzienlijk grotere afvoercapaciteit dan nu aanwezig is, mits voor verbreding van het rivierbed dan wel voor *bypasses* een beperkte hoeveelheid ruimte kan worden gereserveerd. Bij het grondgebruik kan een synergie worden gerealiseerd tussen door economische veranderingen geïnduceerde aanpassingen enerzijds en klimaataanpassingen anderzijds. Bij de zeespiegel is de windverwachting van veel meer gewicht dan het gemiddelde niveau. Vroegtijdig reserveren van ruimte en het openhouden van opties voor toekomstig waterbeleid kunnen die kosten verder beperkt houden.

Maar de bescherming tegen hoog water is niet gratis: er is los van het klimaatprobleem een investeringsachterstand die beredeneerd kan worden op basis van een kosten-batenanalyse en die groter wordt naarmate de waarde van het te beschermen goed verder stijgt als gevolg van economische groei. Die verandering gaat veel sneller dan de klimaatverandering.

Ruimtelijke planning is in hoge mate optiebeleid. Door regulering moet voorkomen worden dat investeringen worden gedaan op plaatsen die later alsnog een

blauwe bestemming zouden moeten krijgen. Zulke investeringen bemoeilijken die aanwijzing. Dat wil niet zeggen dat op tal van plaatsen niet meer gebouwd zou mogen worden, maar wel dat bij die bebouwing rekening moet worden gehouden met realistische overstromingsscenario's. Ook dijkversterking en dijkverlegging vragen extra ruimte die nu al zou moeten worden gereserveerd. Het gaat daarbij niet alleen om rivierdijken, maar ook om bijvoorbeeld het IJsselmeer, waarvan het peil zal moeten meegroeien met dat van de zeespiegel om zonder pompen IJsselwater te kunnen spuien. De Commissie Waterbeleid in de 21e eeuw wijst erop dat de benodigde ruimte nu al moet worden bestemd, om te voorkomen dat er zodanig gebouwd wordt dat een bestemming in de toekomst niet meer haalbaar is: het uitkopen van een hectare bebouwde grond is vele malen duurder dan het uitkopen van een hectare landbouwgrond.

3.4 WATER ALS BESTUURLIJK PROBLEEM

De bestuurlijke bereidheid is momenteel aanwezig om de veiligheid in relatie tot het overstromingsgevaar van de grote rivieren te verhogen. De bestuurlijke actie is niet alleen reactief op recente hoogwaterstanden, maar ook proactief met het oog op klimaatverandering en de daarvan verwachte toename van de neerslagintensiteit. Het is echter de vraag of voldoende hoog wordt ingezet en of het gunstige klimaat voor het verhogen van de veiligheid ook behouden blijft wanneer bij concretisering van de plannen de lokale weerstand tegen ingrijpende maatregelen groeit. In het verleden is een gebrek aan maatschappelijk draagvlak desastreus gebleken voor de uitvoering van aanvankelijk noodzakelijk geachte maatregelen.

De afvoerproblematiek van de grote rivieren in relatie tot de klimaatverandering heeft verschillende bestuurlijke aspecten. In de voorgaande paragraaf is duidelijk geworden dat de maatregelen die noodzakelijk zijn, vergaande ruimtelijke consequenties kunnen hebben. Het is de vraag of het wettelijk instrumentarium om de benodigde ruimteclaims te leggen op orde is. Deze vraag is onlangs door de betrokken bewindslieden aan de orde gesteld en voorgelegd aan de Commissie van Advies inzake de Waterstaatwetgeving. Voor ruimtelijk ingrijpende maatregelen is het noodzakelijk om voldoende maatschappelijk draagvlak te vinden. Daarnaast bestaat altijd het probleem van de financiering. Omdat het probleem op het schaalniveau van stroomgebieden speelt, is er ook een internationale dimensie. Ten slotte ligt er, gezien de onzekerheid over de klimaatverandering en de lange termijn waarop de gevolgen van klimaatverandering spelen, een politiek probleem.

3.4.1 HET TECHNISCH-JURIDISCHE INSTRUMENTARIUM

De veiligheid ten aanzien van het overstromingsgevaar vanuit de zee en de grote rivieren valt onder de verantwoordelijkheid van het rijk. In het rijksbeleid wordt die verantwoordelijkheid ook genomen: het rijk formuleert zijn beleid, in de regel in samenspraak met de regionale overheden. De hoofdlijnen van het beleid

worden op rijksniveau vastgelegd in de Nota voor de Waterhuishouding. De door het rijk ontwikkelde plannen hebben vaak ruimtelijke gevolgen. Het waterstaatsbeleid raakt daarmee aan het ruimtelijkeordeningsbeleid. De kern daarvan is dat ruimtelijke functies tegen elkaar worden afgewogen. Op rijksniveau vindt echter geen afstemming plaats met het ruimtelijkeordeningsbeleid (Groothuijse en Van Rijswick 2005). Het komt voor dat in de regionale vertaling van het op rijksniveau geformuleerde beleid onderdelen sneuvelen op basis van overwegingen van ruimtelijke ordening. Het rijk formuleert het waterstaatsbeleid vanuit een eenzijdig maatschappelijk belang. Op regionaal niveau spelen meerdere belangen, die alle tegen elkaar worden afgewogen. Vanuit het oogpunt van veiligheid kan het resultaat van deze afweging als onbevredigend worden beoordeeld.

In de regel vindt de afstemming tussen het waterhuishoudingbeleid en het planologisch beleid plaats op provinciaal niveau. De vorm die daarvoor gekozen wordt is doorgaans het Provinciaal Omgevingsplan, waarin alle plannen voor de fysieke leefomgeving onderling worden afgestemd. In het provinciale plan voor de waterhuishouding moet de landelijke Nota voor de Waterhuishouding doorklinken. Daarbij is bovendien een ruimtelijke vertaling naar het streekplan gemaakt. Op de doorvertaling van deze provinciale plannen naar het gemeentelijke bestemmingsplan en het beheersplan van het waterschap wordt door Gedeputeerde Staten toegezien. Recentelijk is de watertoets verplicht gesteld in de bestemmingsplanprocedure. Groothuijse en Van Rijswick (2005) bepleiten een soortgelijke overlegverplichting voor de opstelling van waterbeheersplannen.

Er bestaat behoefte aan meer sturingsmogelijkheden voor het rijk om grote projecten op het gebied van de waterstaathuishouding te kunnen uitvoeren. Het huidige wettelijke instrumentarium biedt daarvoor wel mogelijkheden, maar schiet in de praktijk tekort. Van Buuren en Laninga-Busch (2005) stellen de vraag wat voor het rijk de mogelijkheden zijn om gemeenten te bewegen tot het maken van grootschalige zogeheten natte reserveringen. Een planologische kernbeslissing biedt hiervoor aanknopingspunten. De vraag is dan of de ruimtelijke reserveringen gedaan worden als indicatieve beleidsuitspraken of als concrete beleidsbeslissingen. De zin van het doen van een indicatieve beleidsuitspraak hangt weer af van de medewerking van lokale overheden. Bij een concrete beleidsbeslissing moeten alle relevante belangen worden meegewogen, ook de lokale belangen. Dat maakt het grootschalige gebruik van dit instrument door het rijk minder geschikt. De betrokkenheid van provincies en waterschappen is daarom essentieel. In feite betekent dit dat wordt teruggegrepen op de gebruikelijke bestuurlijke beïnvloeding door het rijk. Als deze beïnvloeding niet naar wens verloopt, kan het rijk nog reageren op bestemmingsplannen en bouwvergunningen. Het ruimtelijkeordeningsinstrumentarium biedt daar algemene procedures voor, waarvan alle belanghebbenden gebruik kunnen maken. Daarnaast zijn er voor het rijk nog enkele specifieke mogelijkheden om te reageren. Al met al worden deze mogelijkheden door de bewindslieden als te mager beschouwd.

De Commissie van Advies inzake de Waterstaatwetgeving heeft onlangs het verzoek gekregen om de bruikbaarheid van het wettelijk instrumentarium voor grootschalige ruimtelijke ingrepen in relatie tot de verwachte afvoer van de grote rivieren te beoordelen. Volgens de commissie is het niet noodzakelijk nieuwe wetgeving te ontwikkelen op het gebied van de waterstaat. Naar de mening van de commissie kan de nieuwe Wet ruimtelijke ordening (WRO) op termijn doeltreffend zijn voor het realiseren van vrijwaringzones, bufferzones en natte reserveringen (Van Buuren en Laninga-Busch 2005). De commissie beveelt aan om, in plaats van een nieuwe wet voor te bereiden, gebruik te maken van dit toekomstige WRO-instrumentarium. De nieuwe wet biedt de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) de mogelijkheid regels te geven voor de opstelling van bestemmingsplannen. Deze algemene regels hebben voor burgers een bindende werking. Ook kan gemeenten opgedragen worden een bestemmingsplan vast te stellen. Tevens wordt de mogelijkheid voor het opstellen van rijksbestemmingsplannen geschapen. Hiermee zouden rechtstreeks natte ruimtelijke reserveringen gemaakt kunnen worden. Al met al vergroot de nieuwe wet de mogelijkheden voor het rijk om eigen doelstellingen op ruimtelijk gebied te verwezenlijken. Een vereiste zal wel zijn dat de minister van Verkeer en Waterstaat overeenstemming bereikt met zijn collega van VROM.

In het kader van een planstudie om de veiligheid van de grote rivieren uiterlijk in 2015 in overeenstemming te brengen met de wettelijk vereiste norm (bij een maatgevende afvoer van 16.000 kubieke meter per seconde in Lobith en 3800 kubieke meter per seconde in Borgharen) is overigens wel een door het kabinet te nemen planologische kernbeslissing in voorbereiding. Een tweede doelstelling van deze planstudie is om de ruimtelijke kwaliteit in het rivierengebied te vergroten. In het kader van de planologische kernbeslissing waarvan de looptijd bij aanvang op vijf jaar is geschat, kunnen een aantal concrete beleidsbeslissingen worden genomen.

3.4.2 HET MAATSCHAPPELIJKE DRAAGVLAK

Ruimtelijke ordening die tot verstedelijking leidt, is zo goed als onomkeerbaar. Vanwege de hoge kosten van ontstedelijking zal een ‘rode’ bestemming niet gemakkelijk te veranderen zijn in een ‘groene’ bestemming of in het geval van de waterhuishouding in een ‘blauwe’ bestemming. Ruimtelijke ordening brengt dus bij uitstek langetermijngevolgen met zich mee. De vraag is nu of de waterhuishouding dominant kan zijn voor het ruimtegebruik. Zwart-wit gesteld: kan rood blauw volgen of moet blauw rood volgen? In de lagenbenadering die sinds enige tijd opgeld doet in kringen van de ruimtelijke ordening wordt eraan herinnerd dat de occupatiepatronen vanouds toch eerder door de fysisch-geografische kaart van Nederland gestuurd zijn – het watersysteem, de bodemtypologie en het landschap – dan door generieke concepten zoals concentratie of spreiding. In de praktijk van de ruimtelijke ordening lijkt men dit vergeten te zijn, gezien het feit dat de diepste polders worden volgebouwd en de uiterwaarden worden geannexeerd voor verstedelijking. Institutioneel heeft de nationale waterhuishouding de posi-

tie om de ruimtelijke ordening naar haar noden te doen schikken. De Nota Waterhuishouding moet immers doorklinken in de provinciale plannen voor de waterhuishouding en in het streekplan. Die verhouding lijkt functioneel. De nieuwe Wet ruimtelijke ordening zal deze verhouding nog versterken. In het verleden is het belang van een veilige waterhuishouding echter ondergeschikt geraakt aan andere belangen, ruimtelijk en ook financieel van aard. Het belang van een veilige waterhuishouding bleek maatschappelijk en bestuurlijk niet sterk verankerd te zijn.

In de voorbereiding van het planologische kernbesluit Ruimte voor de rivier is de spanning tussen de verschillende bestuurslagen zichtbaar. Op provinciaal en lokaal niveau tellen de agrarische belangen en de belangen van woningbouw zwaarder dan op rijksniveau. De zogenoemde interactieve besluitvorming leidt ertoe dat de belangen die vanuit het rijk worden ingebracht, tegen provinciale en lokale belangen worden afgewogen. Die afweging is op zichzelf niet fout, maar bij zaken van nationaal belang moet dit vooral resulteren in een betere inpassing in de lokale context en niet in een afzwakking van nationale doelen. In de onderhandeling tussen het rijk en de provincies wordt gebruikgemaakt van de vrijheidsgraden die er voor de realisering van een hoger veiligheidsniveau ten aanzien van overstroming bestaan. Het is daarbij de vraag hoe groot die vrijheidsgraden zijn. Het is bijvoorbeeld opmerkelijk dat in ruil voor compenserende maatregelen op bepaalde plaatsen de bestemming van de winterbeddingen van de grote rivieren voor afvoer tijdens hoge waterstanden veranderd kan worden in een bestemming voor woningbouw. Daarmee lijkt een beroep te worden gedaan op de 'nee tenzij'-clausule uit de Beleidslijn Ruimte voor de rivier uit 1996. Deze Beleidslijn verbindt nieuwe activiteiten in de winterbedding van de grote rivieren aan een strikt toetsingskader.

Voor maatregelen ten behoeve van de overstromingsveiligheid is draagvlak nodig. In het geval van de onder de verantwoordelijkheid van het rijk vallende grote rivieren geldt dat niet alleen voor het draagvlak onder lokale bestuurders, maar betreft het ook het draagvlak onder de plaatselijke bevolking. Hufen (1998) stelt dat het ontbrekende draagvlak onder de bevolking een belangrijke factor is geweest voor een stagnerend bestuur, hetgeen geleid heeft tot afzwakking en uitstel van de oorspronkelijke plannen om de grote rivieren op een veiligheidsniveau met een catastrofekans van 1/3000 te brengen. Het geheugen van het publiek voor grote rampen zoals de watersnoodramp van 1953 is betrekkelijk kort. De perceptie van de veiligheid was ten tijde van de wateroverlast van 1995 en 1997 veel hoger dan de feitelijke veiligheidssituatie, waarvan de catastrofekans in de orde van 1/100 lag. De vorming van deze valse perceptie is hand in hand gegaan met blijken van waardering voor de cultuurhistorische waarden van het rivierengebied. Het was duidelijk dat om de oorspronkelijke plannen te realiseren forse ingrepen noodzakelijk waren die deze waarden zouden aantasten. Na de wateroverlast van 1995 en 1997 is het maatschappelijk draagvlak voor maatregelen sterk vergroot. Hufen speculeert echter op de mogelijkheid dat dit draagvlak snel weer zal afkalven.

Het is niet te voorzien of een afkalvend maatschappelijk draagvlak opnieuw zal leiden tot een bestuurlijke stagnatie die de uitvoering van de plannen in het kader van Ruimte voor de rivier negatief zal beïnvloeden. Het feit dat een voorziening is getroffen om de veiligheid ten aanzien van overstromingen periodiek te evalueren, kan ertoe bijdragen dat het thema prominenter op de agenda blijft staan dan in het verleden het geval is geweest. Dat kan er in ieder geval toe bijdragen dat de benodigde financiële ruimte wordt begroot en dat de huidige plannen daadwerkelijk ten uitvoer worden gebracht. Ten opzichte van de kosten van het kwalitatief waterbeheer zijn de kosten van het kwantitatief waterbeheer bescheiden. Het betekent ook dat de noodzakelijke ruimtelijke reserveringen worden gedaan. Het feit dat het thema van overstromingsveiligheid prominenter op de politieke agenda staat, kan ook de maatschappelijke belangstelling voor het thema aanwakkeren.

In het licht van de klimaatverandering en de daarvan te verwachten intensivering van de watercyclus gaan de ambities van de planologische kernbeslissing niet ver genoeg. Dat betekent dat de eventueel benodigde natte reserveringen van ruimte voor verdergaande maatregelen momenteel niet in voorbereiding zijn.
De gevolgen van klimaatverandering doen een beroep op het bestuur om het risico van grote wateroverlast door extreme afvoeren van de grote rivieren in te dammen. De voorbereiding van een planologische kernbeslissing Ruimte voor de rivier is in dat licht niet meer dan een eerste stap. Er wordt niet meer beoogd dan de veiligheidssituatie aan te passen aan de huidige normen. De verwachting is dat deze normen bij het optreden van klimaatverandering tekort zullen schieten. Verdergaande stappen zullen dus noodzakelijk zijn. Een door het rijk genomen planologische kernbeslissing biedt momenteel de hoogst mogelijke garantie voor de verankering van ruimtelijke claims voor de waterhuishouding. Het toekomstperspectief klinkt echter onvoldoende door. De ambitie om aan de huidige norm te voldoen is, gezien de klimaatverandering, te laag. Daardoor sluit de termijn waarop de beslissing zich richt niet aan bij de termijn waarover de gevolgen van de beslissing zich zullen doen voelen. Door de beslissing zal niet alleen ruimte voor de rivier worden geclaimd. De ruimte die niet geclaimd wordt staat op grond van deze beslissing open voor andere dan blauwe bestemmingen. In de toekomst zal het ongedaan maken van dan gerealiseerde rode bestemmingen buitengewoon kostbaar zijn. Door het nemen van een planologische kernbeslissing legt het rijk zich voor langere tijd vast. Het zal niet eenvoudig zijn om een volgende grote beslissing voor hetzelfde gebied voor te bereiden waarin in feite dezelfde problematiek aan de orde is.

3.4.3 BESTUURLIJKE AFSTEMMING OP INTERNATIONAAL NIVEAU

De basis voor internationale afstemming vormt de Europese Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG). Deze richtlijn is vooral gericht op milieudoelstellingen op het gebied van waterkwaliteit en duurzaam waterbeheer en nauwelijks op het afzwakken van de gevolgen van overstromingen. Het beheersinstrument is hier het (internationale) Stroomgebiedbeheersplan. Het kwantitatieve waterbeheer

wordt in de kaderrichtlijn niet nader uitgewerkt. De Kaderrichtlijn Water is opgesteld naar het model van de samenwerking die door de Rijnoeverstaten is ontwikkeld. Deze staten werken samen in de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR). De ICBR speelt een rol bij het opstellen van een Stroomgebiedbeleidsplan voor de Rijn. Door de ICBR wordt wel ruim aandacht geschonken aan overstromingsrisico's.

In verband met wateroverlast valt bij internationale afstemming te denken aan coördinatie tijdens piekafvoeren en overstromingen zoals *early warning systems* en aan een evenwicht tussen preventieve maatregelen bovenstrooms en benedenstrooms. Die preventieve maatregelen betreffen de trits vasthouden, bergen en afvoeren.
Het vasthouden van water in het bovenstroomgebied is in de praktijk van weinig belang voor extreme afvoeren, omdat in die situatie de bodem doorgaans al verzadigd is. Wel zou op termijn winst zijn te bereiken door een veranderd grondgebruik. Er zijn op grote schaal waterstandverlagende en afvoerbevorderende maatregelen getroffen. Deze vergroten de lokale afvoercapaciteit en leiden daardoor stroomafwaarts tot wateroverlast. Voor een deel kunnen deze maatregelen met minder afwenteling stroomafwaarts worden doorgevoerd.
Het bergen van water in overloopgebieden is in de praktijk wel doeltreffend (Hooijer et al. 2002). Dat is echter niet overal zo. Bergingsmaatregelen vragen om ruimte en concurreren met de ruimtevraag van andere functies, in het bijzonder in gebieden met een grote bevolkingsdichtheid. Dat is aan de orde voor de oevers van de Maas ten noorden van Luik. Daar is weinig zicht op een vergroting van de bergingscapaciteit. Bij de Maas is de afvoer tot aan Luik in grote lijnen evenredig met de neerslag. In de buurt van Luik zal bij overstromingen water worden gebufferd, maar tussen Luik en Borgharen blijft het water binnen de bedding en zijn er geen beperkingen aan de afvoercapaciteit (De Wit 2004). Voor de Rijn is vooral de waterhuishouding in het gebied tussen Keulen en Duisburg van belang voor Nederland. De bovenloop van de Rijn heeft dankzij het waterbeheer in Duitsland een bufferende werking. In het geval van extreme neerslag zou de piekafvoer van de Rijn sterk oplopen als er stroomopwaarts geen (beheerste) overstromingen zouden voorkomen. In Duitsland zijn daar overlaten voor ingericht. Dankzij die overstromingen in Duitsland resulteert bij Lobith een piekafvoer van maximaal 15.500 kubieke meter per seconde.

Als door klimaatverandering de afvoer van water door de Rijn toeneemt, zal gezocht moeten worden naar een nieuwe verdeling van de wateroverlast tussen Duitsland en Nederland. Duitsland maar vooral ook Nederland kan daar baat bij hebben. In Duitsland is in beginsel ruimte voor extra buffering van Rijnwater, maar ook in Nederland zijn maatregelen tegen wateroverlast denkbaar. Bij voorkeur zouden de maatregelen daar getroffen moeten worden waar zij het goedkoopst zijn. Dan genereert de samenwerking tussen Duitsland en Nederland niet alleen voordelen aan de batenkant maar ook aan de kostenkant. Het is bij een dergelijke samenwerking in beginsel redelijk om de kosten en baten voor het stroomgebied in hun geheel te optimaliseren. Het is ook redelijk om de lasten

gelijk te verdelen. Dat impliceert onder meer dat stroomopwaarts de overstromingsrisico's hoger zijn dan stroomafwaarts. Zo wordt voorkomen dat alle risico's cumuleren aan de benedenloop van de rivier. Buffering in de bovenloop van de rivier komt immers ten goede aan de benedenloop. Het omgekeerde is niet het geval.

3.5 CONCLUSIE

Nederland zal zich moeten voorbereiden op klimaatverandering. De gevolgen daarvan doen zich op verschillende vlakken voor. Water staat daarbij echter centraal en in relatie tot water zou aan de overstromingsveiligheid een prioriteit toegekend kunnen worden. Daarnaast is ook aandacht voor de natuur en de ecologie op zijn plaats. Klimaatverandering brengt voor het landelijke gebied niet alleen bedreigingen met zich mee. Er zijn ook kansen en voor een deel zijn die kansen in het kielzog van te treffen maatregelen te scheppen.

De gevolgen van klimaatverandering voor de waterhuishouding zijn allerminst zeker, niet in de laatste plaats omdat de toekomstige omvang van de klimaatverandering onzeker is. Politiek gezien is de afweging die voorligt, lastig. Als de optie van horizontale berging ook voor de verdere toekomst opengehouden moet worden, is het van belang dat nu ruimtelijke reserveringen gemaakt worden voor mogelijke toekomstige natte bestemmingen. Het is niet zeker dat die reserveringen ooit zullen worden benut. Een dubbelbestemming ligt dus voor de hand. Natte reserveringen kunnen goed samengaan met groene bestemmingen, maar sluiten rode bestemmingen uit, als het beleid tenminste de kans zou willen vermijden dat rode bestemmingen te zijner tijd weer verlaten zouden moeten worden.

De laagst gelegen gebieden van Nederland zijn kwetsbaar voor overstromingen, vooral het deltagebied bij de monding van de grote rivieren. Juist daar ligt het economische zwaartepunt van Nederland. Er kunnen op termijn gevaarlijke situaties ontstaan als zich een gelijktijdige opstuwing van de zee en een afvoergolf in de grote rivieren voordoet. Ter vermijding van dergelijke situaties is het noodzakelijk dat bovenstrooms maatregelen genomen kunnen worden om de afvoergolf af te toppen en om de kustverdediging op peil te houden. Geactualiseerde kosten-batenberekeningen kunnen daarbij van nut zijn.

NOTEN

1 De maatgevende afvoer is de hoeveelheid water die bij een gegeven overschrijdingskans (bijvoorbeeld eens per 1250 jaar) moet worden verwerkt.

2 Ter vergelijking: het hoogwater van de watersnoodramp van 1953 (3,85 m boven NAP) bestond uit 0,81 m astronomisch hoogwater (springvloed) en 3,04 m stormopzet. De invloed van wind is met veel onzekerheid omgeven. Volgens het RIVM (2004: 78) wordt voor het IJsselmeer het huidige windklimaat vrijwel zeker onderschat.

3 De kans op dijkdoorbraak/overstroming/maximale schade is kleiner dan de kans op overschrijding van een hoogwaterpeil.

4 Sinds 1960 ongeveer 1,5 maal zo veel mensen en een viermaal zo hoog netto nationaal product.

5 De validiteit van het werk van de Deltacommissie is op dit ogenblik niet goed te achterhalen; deze is waarschijnlijk minder dan altijd aangenomen, maar is nooit in twijfel getrokken (RIVM 2004: 110 e.v.). Onduidelijk in het werk van de Deltacommissie is in elk geval de vertaalslag van de 'rampkans' naar de overschrijdingskans.

6 Vooral het schaderisico anno 2000 in Centraal Holland is, in verhouding tot andere dijkringgebieden, buitenproportioneel groot (RIVM 2004: 125 e.v.).

7 Het hoogwater van 1995 bedroeg circa 12.000 kubieke meter per seconde.

8 De helft van primaire waterkeringen voldoet met zekerheid aan de normen; 15 procent voldoet niet en van 35 procent ontbreekt de informatie die voor toetsing nodig is (RIVM 2004: 94).

9 Voor de Rijn ligt bijvoorbeeld het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de overschrijdingskans van de maatgevende afvoer tussen 13.000 en 18.000 kubieke meter per seconde (= fysisch maximum); voor de Maas tussen 3100 en 4500 kubieke meter per seconde (De Wit 2004).

10 Tekst uit de nota: "Dit betekent in principe dat: per saldo het waterbergend vermogen per stroomgebied toeneemt; geen bebouwing plaats vindt in gebieden die door de provincies op termijn nodig worden geacht voor waterberging; dat geen ruimtelijke besluiten worden genomen of peilverlaging plaats vindt die direct of indirect leiden tot bodemdaling in gebieden met dikke laagveenpakketten; dat onttrekking van het grondwater de natuurlijke aanvulling niet mag overstijgen en dat peilverlaging in de beïnvloedingsgebieden van hydrologisch kwetsbare delen van de EHS wordt voorkomen;"

11 Dat is het verschil tussen de huidige maatgevende afvoer en de langetermijnkoers uit het Regioadvies; dit is niet de bovengrens van wat in 2100 kan optreden; zie paragraaf 3.3.1.

12 Er wordt dan aangenomen dat het reservoir leeg en startklaar is, met andere woorden dat exact bekend is wanneer met het vullen van het reservoir moet worden begonnen om de top en niet de flank van de golf af te vlakken.

13 "Op grond van het advies van de Commissie Noodoverloopgebieden heeft het kabinet hierbij een voorlopige voorkeur voor de gebieden Rijnstrangen, Ooijpolder en het oostelijk deel van de Beersche Overlaat. Het kabinet zal uiterlijk in

2006 een definitief besluit nemen over de rampenbeheersingsstrategie overstromingen Rijn en Maas." Rijnstrangen en Ooijpolder zijn inmiddels geschrapt.

14 De golfenergie is over de gehele waterkolom (diepte) gedistribueerd. De diepte van de zuidelijke Noordzee bedraagt circa 50 meter, zodat de procentuele verandering door zeespiegelstijging beperkt is; en nog beperkter wanneer ook het diepere noordelijke deel erbij betrokken wordt.

4 EMISSIEREDUCTIE ALS TECHNISCH-STRATEGISCH VRAAGSTUK

4.1 INLEIDING

Waar op de wereld broeikasgassen (GHG's) worden uitgestoten of geabsorbeerd, maakt voor het klimaat niet uit. Emissiereductie als oplossingsrichting voor het klimaatprobleem is daarmee in technische zin een mondiale uitdaging. In dit hoofdstuk wordt daarom vanuit een mondiale optiek gekeken naar emissiereductie als technisch-strategisch vraagstuk. Daarbij gaat het zowel om de invulling van emissiereductieroutes als om de timing van die routes.

Omdat emissiereductiemaatregelen overal genomen kunnen worden, worden hun potentie en kosteneffectiviteit niet bepaald door de nationale situatie maar door de mondiale situatie. Dat maakt het bijvoorbeeld van belang te kijken naar het Nederlandse 50/50-beleid, waarbij de helft van de emissiereductie onder het Kyoto-protocol binnenlands moet worden gerealiseerd. Wat goed is in de Nederlandse of Europese context volgens hier gebruikelijke criteria (schoon, duurzaam, innovatief) is niet vanzelfsprekend ook goed in een mondiale context. Weegt de innovatieprikkel op tegen het risico van mondiaal inefficiënt beleid? Die inefficiëntie zou kunnen ontstaan doordat de kosteneffectiviteit ten onrechte vanuit de nationale situatie wordt beoordeeld of doordat de innovatie een relatief onbelangrijke optie betreft. Daardoor zou de 50/50-regel tot *second best* en mogelijk zelfs tot verkeerde oplossingen kunnen leiden, bijvoorbeeld als we te veel investeren in opties die in het licht van de tijdsklem voor de eerstkomende decennia te weinig kunnen bijdragen, of waar men in ontwikkelingslanden niets mee kan.

De reducties die Nederland realiseert ontlenen hun betekenis niet alleen aan de hoeveelheid CO_2-reductie ten behoeve van de opgelegde doelstelling, maar ook aan de (tijdige) bijdrage die geleverd wordt aan ervaring, technische ontwikkeling en infrastructuur voor opties die cruciaal zijn voor tijdige emissiereductie in internationaal verband. In dit hoofdstuk zal blijken dat wat dat betreft bijvoorbeeld veel meer waarde moet worden toegekend aan CO_2-afvang en -opslag (*carbon capture and storage*, ofwel CCS) dan aan bijvoorbeeld windenergie. In dat verband zal een structureel onderscheid worden bepleit tussen de implementatie van emissiereductiemaatregelen en onderzoek en ontwikkeling (R&D) ten behoeve van een transitie in het energiesysteem.

Het technisch-strategisch vraagstuk staat analytisch los van de coördinatie-uitdaging, die in het volgende hoofdstuk aan de orde komt. In dit hoofdstuk gaat het om de omvang van de uitdaging, de mogelijke emissiereductieopties en een strategische beoordeling van die opties. Het materiaal in dit hoofdstuk biedt ondanks (of eerder dankzij!) de mondiale invalshoek ook stof tot reflectie op het Nederlands klimaatbeleid en de inbreng van ons land in het internationaal overleg in Brussel en wereldwijd.

De uitdaging

De omvang van de emissiereductie-uitdaging wordt bepaald door de bijdragen van de verschillende broeikasgassen, hun *sinks* en de te verwachten toe- of afname van emissies in de tijd. Daarbij gaat het om de volgende vragen:

- Wat zijn de belangrijkste bronnen van emissie – maar óók van absorptie – qua omvang en dynamiek, naar sectoren en naar landen/werelddelen?
- In welke mate zouden de emissies beperkt moeten worden om de 2 °C-doelstelling van de Europese Unie (EU) te realiseren – zowel van CO_2 alsook van de overige broeikasgassen (OBG's), met name methaan?
- Langs welk tijdpad zouden emissieniveaus moeten worden teruggedrongen, gezien het klimaateffect van eenmaal toegenomen concentraties, maar ook gezien de tijd die nieuwe technieken behoeven om tot wasdom te komen?

De onzekerheden over de te verwachten ontwikkelingen en over de effecten van beleid zijn groot. Om die reden worden scenario-ontwikkelingen in de meeste gevallen afgezet tegen een nulscenario van *business as usual* (BAU). Daarbij geldt dat de veronderstellingen over het BAU-scenario op twee manieren directe invloed hebben op de geprojecteerde benodigde beleidsinspanningen: (1) veronderstellingen over groei bepalen de uitdaging; (2) extra beleid komt bovenop het reeds geprojecteerde beleid.

De emissiereductieroutes

Als we inzetten op emissiereductiebeleid, in welke richtingen moeten we dan oplossingen zoeken? In het licht van hoofdstuk 2 gaat het niet om detailinvullingen, maar om robuuste grote lijnen. Om beleidskeuzen te kunnen maken, moet er antwoord zijn op de volgende vragen:

- Wat zijn de belangrijkste technische opties? Opties worden belangrijk door hun potentie tot CO_2-reductie. Dat is een helderder criterium dan het criterium van duurzaamheid. Voorts wordt het belang bepaald door hun mate van rijpheid en inpasbaarheid. Hoe sterker de tijdsklem, des te meer is er behoefte aan beschikbare technieken die goed inpasbaar zijn in bestaande systemen en praktijken, omdat niet gewacht kan worden op een transitie naar een nieuw energiesysteem.
- Hoe staat het met de kosteneffectiviteit van de verschillende opties? De kosteneffectiviteit wordt extra belangrijk naarmate ook bij ontwikkelingslanden een draagvlak voor klimaatbeleid gevonden moet worden. Tegelijk moet dit wel in perspectief gezien worden, want goedkoop kan duurkoop worden, in twee opzichten. Bij kapitaalgoederen met een lange levensduur kan men soms beter al vroegtijdig een relatief dure optie inzetten, omdat anders de uitstoot voor lange tijd wordt bepaald door een technologie waarin met emissiereductie te weinig rekening is gehouden. In de tweede plaats zal er (soms) ruimte moeten zijn voor investeren in nieuwe maar dure mogelijkheden: alle begin is moeilijk. Te veel aandacht voor kosteneffectiviteit kan de blik vernauwen tot maatregelen waarvan het uiteindelijk potentieel te klein is voor tijdige reductie zonder dat tijdig nieuwe mogelijkheden worden ontwikkeld.
- Wat is hun synergie met andere opties, zodat opties in zekere zin ook van

elkaar kunnen profiteren en wat is hun eventuele synergie met andere maatschappelijke doelen zoals energiezekerheid en economische ontwikkeling? Het laatste aspect is met name in armere landen van cruciaal belang.
- Is er met de kennis van vandaag een redelijk perspectief voor tijdige emissiereductie in de eerste helft van deze eeuw te construeren, op welke emissiereductieroutes berust dat en welke eisen stelt dat eventueel aan het vraagstuk van internationale coördinatie dat in het volgende hoofdstuk wordt besproken?

Opbouw van het hoofdstuk

De opbouw van dit hoofdstuk is weergegeven in figuur 4.1.

In de paragrafen 4.2 en 4.3 zal de mondiale emissiereductie-uitdaging nader worden geanalyseerd en in een tijdsperspectief worden geplaatst. Paragraaf 4.2 behandelt de vraag wat ongeveer het mondiale budget aan CO_2-equivalenten voor de komende vijftig jaar is, welke bijdrage verschillende emissiebronnen daaraan nu leveren en waar op dit niveau van emissiebronnen globaal mogelijkheden voor emissiereductie liggen. Paragraaf 4.3 vertaalt de 2 °C-doelstelling van de EU naar een emissietraject voor CO_2 en OBG's voor de komende vijftig jaar en laat zien wat de kloof is met BAU. Uit die eerste verkenning komen vier emissiereductieroutes: drie voor CO_2 en één voor OBG's.

Die routes worden in de daaropvolgende paragrafen op hun potentiële bijdrage onderzocht. Daarbij wordt telkens geëvalueerd in hoeverre met de tot dan toe besproken routes de 2 °C-doelstelling binnen bereik komt. De antropogene emissie van CO_2 komt voor drie vierde van fossiele brandstoffen. De eerste emissiereductieroute (paragraaf 4.4) is dus: efficiënter met energie omgaan. De tweede route (paragraaf 4.5) laat zien dat de energiemix niet buiten beschouwing kan blijven, maar ook dat alternatieven in de energiemix in samenhang met efficiëntieverbetering in de eerstkomende decennia waarschijnlijk onvoldoende resultaat zullen opleveren. De derde route (paragraaf 4.6) is die van plantaardige opname van CO_2. Ontbossing zorgt nu voor emissie, terwijl er potentie ligt voor absorptie. De OBG's vormen de vierde emissiereductieroute. Paragraaf 4.7 gaat over het belangrijkste broeikasgas na CO_2, methaan. Methaan is vooral belangrijk omdat er op korte termijn veel mogelijkheden openliggen voor emissiereductie tegen lage kosten, met name in ontwikkelingslanden. Door het Westen gesteunde ontwikkeling en klimaatbeleid kunnen zo samengaan.

Het zal blijken dat de emissiereductieroutes naast elkaar kunnen en moeten worden bewandeld, aangezien ze geen van alle op zichzelf probleemoplossend zijn. In Paragraaf 4.8 wordt uit de gevolgde redenering een klimaatstrategie op mondiaal niveau afgeleid die gebaseerd is op de criteria van kosteneffectiviteit, het belang ontwikkelingslanden te betrekken en de timing tot circa 2050 uit het oogpunt van risicoreductie. De raad meent dat deze strategie zowel voor Nederland als de EU zou moeten dienen als bepalend kader voor de eigen inzet. Paragraaf 4.9 sluit ten slotte af met een conclusie.

Figuur 4.1 Wereldwijde mitigatie: zoektocht naar routes en tijdpaden tot 2050

Bron: WRR

In de bij dit hoofdstuk behorende bijlagen zijn als casestudies verkenningen opgenomen van het emissiereductiepotentieel en de kosteneffectiviteit van verschillende vormen van emissiereductiebeleid. Deze bijlagen vormen de onderbouwing van de analyse die in paragraaf 4.4 tot en met 4.7 wordt gemaakt. Vanzelfsprekend kan deze behandeling niet uitputtend zijn, noch in de selectie van cases, noch in de behandeling per case. De volgende vormen van emissiereductiebeleid worden in de bijlagen behandeld: trendmatige verhoging van energie-efficiëntie; CCS; windenergie; biomassa in de energievoorziening; kernenergie; extra opslag van koolstof door fotosynthese, met name in bossen; en reductie van antropogene methaanemissies.

4.2 DE KRINGLOOP VAN BROEIKASGASSEN

In deze paragraaf staan de kringloop van broeikasgassen en de plaats die antropogene emissies daarin innemen centraal. Dat is van belang om zicht te krijgen op het relatieve aandeel van verschillende gassen in het geheel en op de relatieve potentie voor emissiereductie. Er is meer dan alleen CO_2 uit fossiele brandstof. Als men ontwikkelingslanden en voormalige landen van de Sovjet-Unie wil betrekken in het emissiereductiebeleid, zijn grondgebruik en methaanemissie belangrijke factoren.

4.2.1 VERSCHILLENDE SOORTEN BROEIKASGASSEN

De antropogene verstoring van het klimaat wordt veroorzaakt door een toename van de concentratie in de atmosfeer van een aantal broeikasgassen, waarvan CO_2 de belangrijkste, maar niet de enig belangrijke is. Deze gassen verschillen in hun fysische effecten, met name in de mate waarin ze warmte vasthouden en in hun verblijftijd in de atmosfeer. Ze kunnen min of meer onder één noemer worden gebracht door hun effect te ijken aan het effect van CO_2 (zie tekstbox 4.1). Hoezeer een bepaald gas in een bepaald jaar bijdraagt aan de klimaatproblematiek wordt dan bepaald door:

- de nettotoevoeging aan de voorraad van dat gas in de atmosfeer: de emissie minus de eventuele absorptie of afbraak;
- het opwarmend effect per eenheid van dat gas.

Het totaal aan antropogene broeikasgasemissies wordt geschat op rond de 10,7 gigaton koolstofequivalenten (GtC) per jaar, bestaande uit 8 GtC-equivalenten aan CO_2-emissies en 2,7 GtC-equivalenten aan OBG's. Voor het netto-effect is van belang dat de absorptie mede afhankelijk is van de concentratie in de atmosfeer en daarmee van de emissie. In het vervolg van deze paragraaf wordt apart ingegaan op de verstoring van de koolstofkringloop en op de uitstoot van OBG's.

Tekstbox 4.1 De gemeenschappelijke noemer van CO_2-equivalenten

Broeikasgassen kunnen onder één noemer gebracht worden door hun effect te vergelijken met dat van CO_2. Ze verschillen onderling op drie manieren.

- Allereerst in fysische eigenschappen. Methaan (CH_4) heeft bijvoorbeeld per molecule een veel sterker opwarmend effect dan CO_2. De fysische eigenschappen en de wijze waarop broeikasgassen vrijkomen spelen uiteraard ook een rol bij de vermijdingskosten. Industriële OBG's bijvoorbeeld komen veelal vrij op een beperkt aantal locaties, waardoor ze gemakkelijker te vermijden zijn dan CO_2, dat bij alle verbrandingsprocessen vrijkomt.
- Ten tweede verschillen ze qua verblijftijd in de atmosfeer. Methaan verdwijnt bijvoorbeeld langs andere weg (chemisch in plaats van via fotosynthese) en veel sneller uit de atmosfeer dan CO_2. Fluorchloorkoolstofverbindingen (HCFC's, CFC-12) hebben een zeer lange verblijftijd. Via de verblijftijd is de relatieve broeikaswerking afhankelijk van de gehanteerde tijdshorizon. Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) geeft drie verschillende maten voor CO_2-equivalentie, geldig voor een tijdshorizon van respectievelijk twintig, honderd en vijfhonderd jaar (zie tabel 4.1). In het Kyoto-protocol wordt een tijdshorizon van honderd jaar gebruikt. De tijdshorizon is mede van belang voor de termijn waarop men effecten van emissiereductiebeleid wil realiseren. Zowel de mate van onzekerheid als de tijdsvertraging als gevolg van investeringscycli en de benodigde tijd voor innovatie en diffusie spelen een rol bij die keuze.
- Ten slotte verschillen broeikasgassen qua soortelijk gewicht. De relatieve broeikaswerking wordt gemeten per eenheid van massa. Concentraties worden gemeten in *parts per million volume* (ppmv), waarbij verschillende gasdeeltjes gelijk zijn in volume, maar ongelijk in massa. In de literatuur worden tonnen koolstof (C) en tonnen CO_2 naast elkaar gebruikt. Uit de molecuulsamenstelling volgt dat 1 ton C (vaste stof, molecuulgewicht 12) equivalent is aan 3,67 ton CO_2 (gas, molecuulgewicht 44). Verder weegt 1 kubieke meter CO_2 evenveel als 2,75 kubieke meter methaan.

Tabel 4.1 geeft de relatieve broeikaseffecten van de belangrijkste gassen, per tijdshorizon geijkt aan CO_2. In deze tabel zijn alle bovenstaande verschillen verdisconteerd, exclusief de verschillen in vermijdingskosten. De relatief korte verblijftijd van methaan bijvoorbeeld zegt dus niets over het relatieve opwarmingseffect, aangezien de verblijftijd verrekend is in de omrekenfactor voor CO_2-equivalentie. Analoog aan de equivalentiefactoren per eenheid van massa worden soms ook equivalentiefactoren in concentratie (ppmv CO_2-equivalenten) gebruikt.
In dit rapport wordt waar mogelijk de eenheid GtC (gigaton koolstof) gebruikt, waarmee (het equivalent van) 1 GtC in gasvorm (CO_2) wordt aangeduid.

4.2.2 DE DYNAMIEK VAN DE KOOLSTOFKRINGLOOP

De natuurlijke kringloop van koolstof tussen atmosfeer en aarde is omvangrijk en omvat circa 150 GtC per jaar, waarvan zo'n 90 GtC tussen de atmosfeer en de oceanen en 60 GtC tussen de atmosfeer en ecosystemen op het land (zie figuur 4.2). Het evenwicht in de kringloop is dynamisch en ligt dus niet geheel vast. Overigens is de totale hoeveelheid koolstof die op onze planeet voorkomt nog

Tabel 4.1 Relatieve broeikaseffecten van gassen en bijdragen aan het probleem

	Relatieve broeikaswerking ten opzichte van CO_2 per periode			Verblijftijd in atmosfeer in jaren	Bijdragen aan het effect bij honderd jaar, gezien volume
	20 jaar	100 jaar	500 jaar		
CO_2	1	1	1	50-200[a]	60%
Methaan	62	23	7	12	15%
CFC-12	7900	8500	4200	45	7%
N_2O	275	296	156	114	4%
HCFC-22[b]	4300	1700 (120-12.000)	520	260	
SF6		22.200			

a) Verblijftijd afhankelijk van opnameproces.

b) De onzekerheidsmarge wordt bepaald door de onzekerheid over het afbraakproces in de atmosfeer van deze betrekkelijk nieuwe gassen.

Bronnen: IPCC (2001); EPA

vele malen groter dan de kringloop, namelijk 43.000 GtC. De jaarlijkse antropogene emissie van CO_2 bedraagt slechts 5 procent van de natuurlijke kringloop, maar verschuift wel het evenwicht. Als gevolg daarvan is de concentratie van CO_2 in de atmosfeer toegenomen van de pre-industriële 280 ppmv tot de huidige 380 ppmv. Die stijging gaat voorlopig door.

In tabel 4.2 is te zien dat de eerdergenoemde 8 GtC per jaar antropogene CO_2-emissie afkomstig is uit twee geheel verschillende bronnen, namelijk uit fossiele brandstoffen (circa 6,4 GtC per jaar) en uit het netto-effect van ontbossing in de tropen (circa 1,6 GtC per jaar). ‘Netto’ duidt hier op het saldo van verdwijnend bos in de tropen en een toename van bos in vooral gematigde zones. Het per saldo vrijkomende CO_2 was opgeslagen in hout, bladeren en wortels en komt vroeg (verbranding) of laat (bouwmateriaal, vertering) in de atmosfeer.[1]

De dynamiek in de kringloop bepaalt mede het relatieve gewicht van CO_2 in het totaal van broeikasgassen. De netto-emissie bedraagt daardoor niet 8 GtC maar 3,4 GtC. Dat komt doordat de toename van CO_2 in de atmosfeer de opname van CO_2 bevordert, hetzij door CO_2-bemesting op het land, hetzij door verschuiving van het chemisch evenwicht op zee. Van de 8 GtC antropogene CO_2-emissies wordt nu circa 2,3 GtC opgenomen in oceanen en eveneens circa 2,3 GtC op het land, ook door de verlenging van het groeiseizoen bij hogere temperatuur. Dit effect is niet probleemloos en ook niet eindeloos, want het wordt begrensd door de mate waarin CO_2 een groeibelemmerende factor is in verhouding tot andere nutriënten, water en temperatuur.[2]

Figuur 4.2 De koolstofkringloop (GtC per jaar)

Bron: WRR

Het voorgaande betekent dat het aandeel van CO_2 in het broeikaseffect afhankelijk is van de vraag welke *sinks* worden meegeteld. Het is gebruikelijk om het aandeel van CO_2 te bepalen door de actuele antropogene CO_2-emissie te meten, verminderd met hooguit de antropogene *sinks* zoals herbebossing. Tabel 4.2 laat zien dat in deze presentatie de antropogene CO_2-emissie (circa 8 GtC) een aandeel van circa 75 procent in de broeikasproblematiek vertegenwoordigt en de OBG's 25 procent. Maar wanneer de natuurlijke CO_2-absorptie wordt meegeteld, ontstaat een heel ander beeld. In dat geval vertegenwoordigt CO_2 slechts 56 procent van het probleem en OBG's 44 procent. De boekhouding heeft geen invloed op de klimaatmodellen, omdat absorptie daar verdisconteerd is in de verblijftijd.

Het bovenstaande leidt tot twee observaties.

- De rol van natuurlijke *sinks* is omvangrijk. Beïnvloeding daarvan levert, indien mogelijk, een belangrijk instrument voor de oplossing van de emissiereductieproblematiek. Grootschalige (her)bebossing is daarmee een tot nu toe onderschat instrument. Paragraaf 4.6 gaat daarop in.
- De matigende werking van natuurlijke *sinks* zal vroeger of later verzadigd raken, waardoor het relatieve effect van CO_2-emissies zwaarder wordt.[3] Het

broeikaseffect kan daardoor in een hogere versnelling raken. CO_2 wordt dan veruit de meest dominante factor.

4.2.3 DE OVERIGE BROEIKASGASSEN

Van de 2,7 GtC-equivalenten OBG's naast CO_2 zijn methaan (CH_4) met 1,8 GtC-equivalenten en N_2O met 0,9 GtC-equivalenten veruit de belangrijkste. Tabel 4.3 geeft de relatieve aandelen naar type land. De OBG-emissies krijgen in vergelijking met CO_2 weinig aandacht. Toch zijn ze belangrijk, om de onderstaande drie redenen. In dit rapport beperken we ons tot methaan (zie paragraaf 4.7), omdat de genoemde redenen op methaan het meest van toepassing zijn.

Allereerst zijn OBG's belangrijk vanwege hun aandeel in de problematiek. Afhankelijk van de berekeningswijze (zie paragraaf 4.2.2) vertegenwoordigen ze 25 tot 44 procent van het totale probleem. Daarbij komt dat ze per eenheid emissie een veel groter opwarmingseffect hebben dan CO_2. Het is dus veel effectiever OBG's te vermijden dan eenzelfde hoeveelheid CO_2 (zie tekstbox 4.1).

De tweede reden voor het belang van OBG's is dat ontwikkelingslanden via een mondiale aanpak van methaan echt in het klimaatbeleid kunnen worden betrokken. Methaan heeft namelijk in ontwikkelingslanden, maar ook in de voormalige Sovjetlanden, een veel groter aandeel in het totaal van emissies dan in bijvoorbeeld de EU. Bovendien is de methaanemissie grotendeels het gevolg van inefficiëntie door gebrek aan ontwikkeling, zodat klimaatbeleid en ontwikkelingsbeleid elkaar kunnen versterken. In Brazilië vertegenwoordigt methaan circa 42 procent van de GHG-emissie tegen zo'n 10 procent in de Verenigde Staten. In de EU is het aandeel van alle OBG's beperkt. De goedkopere emissiereductieopties worden er veelal al benut. Nederland realiseert een aanzienlijk deel van zijn Kyoto-verplich-

Tabel 4.2 Boekhouding van emissies en sinks (GtC-equivalenten per jaar en procenten)

Source/sink	Absoluut		Aandeel		
			Antropogeen		Antropogeen + absorptie
Emissie OBG	2,7		25%		44%
Antropogeen CO_2	8,0		75%		
w.v. fossiel CO_2		6,4		60%	
w.v. saldo grondgebruik		1,6		15%	
Absorptie	–4,6				
w.v. oceanen		–2,3			
w.v. land		–2,3			
CO_2 incl. absorptie	3,4				56%
Totaal excl. absorptie	10,7		100%		
Totaal incl. absorptie	6,1				100%

Bron: WRR

tingen via OBG-emissiereductie in eigen land; de mogelijkheden op dat terrein zijn eindig.

De derde reden voor het belang van OBG's ligt bij de timing en bij de complementariteit met CO_2. Met name methaan heeft een relatief korte verblijftijd in de atmosfeer, waardoor inspanningen om de methaanemissie te verminderen op relatief korte termijn vruchten afwerpen. In het licht van de onzekerheid over het probleem is dat belangrijk, omdat nieuwe kennis nieuw licht zal werpen op de vereiste emissiedoelstelling. Het snelle resultaat is ook van belang, omdat tijd nodig zal zijn om nieuwe technologieën te ontwikkelen voor CO_2-emissiereductie. De complementariteit is daarnaast van belang omdat in de meeste scenariostudies gemakshalve wordt aangenomen dat het zal lukken de toename van de concentratie OBG's van de huidige 55 ppmv CO_2-equivalenten te beperken tot circa 100 ppmv CO_2-equivalenten.[4] Zou de concentratie van OBG's in de loop van de eeuw sneller toenemen, dan moeten de CO_2-emissies met nog meer terug dan nu voorzien om de 2 °C-doelstelling van de EU te halen. Omgekeerd geldt uiteraard dat meer succes bij OBG-emissiereductie de CO_2-emissieruimte vergroot.

4.3 DE EMISSIEREDUCTIE-UITDAGING WAT BETREFT FOSSIELE CO_2

4.3.1 VOOR DE 2 °C-DOELSTELLING IS DE PERIODE TOT 2030 À 2050 CRUCIAAL

De EU heeft gekozen voor de zogeheten 2 °C-doelstelling. Daartoe zou volgens de huidige inzichten (IPCC 2001; Goldemberg 2000) de koolstofconcentratie in de atmosfeer in het jaar 2100 niet meer mogen zijn dan zo'n 550 ppmv CO_2-equivalenten, bestaande uit 450-470 ppmv CO_2 en 80-100 ppmv CO_2-equivalenten OBG's.

Die inzet is zeer hoog, blijkt bij nader inzien, omdat van elke GtC die heden wordt geëmitteerd over honderd jaar nog altijd 0,4 GtC in de atmosfeer zal zijn. Er is dus

Tabel 4.3 Aandeel van verschillende GHG's naar type land (in procenten)

	Ontwikkelde landen	Ontwikkelingslanden	Minst ontwikkelde landen
CO_2 fossiel	81	41	4
CO_2 grondgebruik	-	33	62
CH_4	11	16	22
N_2O	6	10	12
Andere broeikasgassen	2	-	-
Totaal	100	100	100

Bron: Baumert en Pershing 2004: 6

in zekere zin sprake van een CO_2-budget voor de komende eeuw (zie tekstbox 4.2). Hoe langer het duurt voordat de jaarlijkse emissies omlaag gaan, des te groter de CO_2-voorraad in de atmosfeer, waardoor een bepaalde concentratiedoelstelling tegen 2100 alleen nog bereikbaar wordt door de CO_2-emissies in de resterende jaren tot een veel lager niveau terug te brengen. Anders gezegd: welk stabilisatiepeil in het jaar 2100 nog haalbaar zal zijn, wordt vanwege de lange verblijftijd van CO_2 in belangrijke mate bepaald door de emissies in de eerstkomende vijftig jaar. Voor een maximale concentratie van 450 ppmv CO_2 is een emissieverloop van jaar tot jaar vereist dat zelfs in technische zin verre van eenvoudig te realiseren blijkt, dus afgezien van de daarvoor vereiste internationale coördinatie (zie hoofdstuk 5). Een mogelijke uitweg ontstaat als grootschalige toepassing van de combinatie van biomassa met CCS mogelijk wordt (zie bijlagen 3 en 5).

In dit emissietraject mogen de mondiale emissies weliswaar in 2025 nog 20 procent boven het peil van 1990 liggen, maar rond die tijd moeten ze hun piek wel bereiken. Daarna moet volgens Elzen en Meinshausen (2005) een daling inzetten die zodanig snel verloopt dat de CO_2-emissies in 2050 met zo'n 30-35 procent gedaald zijn ten opzichte van 1990 (mede afhankelijk van reductie van OBG's). Na 2050 zou de emissie verder moeten dalen tot in 2100 emissie en absorptie gelijk zijn.[5] Lukt het niet een dergelijk traject te realiseren, dan zou het volgens de experts erg moeilijk worden de CO_2-concentratie in 2100 te beperken tot bovengenoemde 470 ppmv.

Conclusie: de eerste helft van deze eeuw is een voor emissiereductie cruciale periode. Te meer omdat het waarschijnlijk de laatste periode van sterke economische groei is: de periode waarin de wereldbevolking vermoedelijk zijn piek gaat bereiken en waarin de derde wereld een economische inhaalslag maakt.

We concentreren ons dus in de rest van dit hoofdstuk op de periode tot 2030 à 2050. Bovendien is zo'n periode nog enigszins te overzien en zijn ontwikkelingen enigszins voorspelbaar. Verder vooruitkijken heeft wat de economische en technologische ontwikkelingen betreft niet zo veel zin, omdat dan de bandbreedte van mogelijke scenario's te groot wordt. Voor investeringen is van belang dat deze periode van vijftig jaar ongeveer overeenkomt met de levensduur van een elektriciteitscentrale.

4.3.2 DE KLOOF MET *BUSINESS AS USUAL*

Gebruikmakend van de zogenoemde Kaya-identiteit kan de groeivoet van CO_2-emissie uit energie uitgesplitst worden in een aantal deelvariabelen, namelijk de groei van respectievelijk de bevolking, het bruto binnenlands product (BBP) per hoofd, de energie per BBP en de CO_2-emissie per eenheid energie. Daarvan komen alleen het energiegebruik en de koolstofintensiteit van de energie in aanmerking voor beïnvloeding. Voor een BAU-scenario leert de prognose van het Internationaal Energie Agentschap (IEA 2004a) het volgende.

Het mondiale BBP zal naar verwachting groeien met circa 3 procent per jaar; ...

In de afgelopen decennia groeide het mondiale BBP met gemiddeld 3,3 procent per jaar. Voor de periode tot 2030 verwacht IEA een groei van het mondiale BBP van gemiddeld 3,2 procent per jaar; aanvankelijk wat hoger, later wat lager mede onder invloed van een dalende bevolkingsgroei.[6] Voor de periode tot 2050 lijkt dan een gemiddelde BBP-groei van 3 procent per jaar in de rede te liggen. Het is van belang op te merken dat deze groei en het daarmee gepaard gaande extra energiegebruik vooral in derdewereldlanden en transitielanden plaatsvindt.

... zelfs als in BAU-scenario's de energie-intensiteit met 1,5 procent per jaar daalt ...

De mondiale energie-intensiteit is de resultante van efficiëntieverbetering en structuureffecten. Van beide factoren is alleen de verhoging van energie-efficiëntie beleidsrelevant, want structuureffecten (zie paragraaf 4.4.1 en bijlage 2) zijn nauwelijks via beleid op te roepen en te sturen.[7] In de BAU-ontwikkeling zal de daling van de mondiale energie-intensiteit vergelijkbaar zijn met die in de afgelopen decennia en vermoedelijk –1,2 à –1,5 procent per jaar bedragen.[8] Dit komt doordat de groei van de wereldbevolking en van het mondiale BBP vooral plaatsvindt in ontwikkelingslanden, waar de welvaartsgroei relatief materiaal- en energie-intensief is.

... zal het energiegebruik in de periode tot 2050 groeien met 1,5 procent per jaar ...

In alle BAU-scenario's neemt het mondiale energiegebruik de komende decennia sterk toe, vooral in de beginperiode. Gemiddeld stijgt het energiegebruik met zo'n 1,7 procent per jaar tot 2030. Dat was in voorgaande decennia 2 procent per jaar. De toename van het energiegebruik blijft dus flink achter bij de economische groei en de jaarlijkse toename wordt langzaam geringer, net als die van het BBP. Het gemiddelde voor de periode 2000-2050 komt in een BAU-scenario vermoedelijk op zo'n 1,5 procent per jaar (Pacala en Socolow 2004a).[9]

... en omdat de koolstofintensiteit van de energiemix weinig zal veranderen ...

De mate waarin het energiegebruik gepaard gaat met de voor klimaatverstoring relevante uitstoot van fossiel CO_2 (CO_2-emissies uit biomassa vallen daarbuiten) wordt bepaald door de mondiale fossiele koolstofintensiteit van het energiegebruik. Die daalde in de afgelopen decennia met gemiddeld zo'n 0,3 procent per jaar (in de VS 0,4%, in de EU bijna 0,8%).

Daardoor groeiden de CO_2-emissies minder dan het energiegebruik: niet met 2 procent per jaar, maar met 1,7 procent (IEA 2004a). Dat was te danken aan verandering in de mix van fossiele brandstoffen: het aandeel van kolen (met de hoogste CO_2-uitstoot) nam af ten gunste van eerst olie en vervolgens aardgas,[10] en het aandeel van koolstofneutrale energievormen zoals waterkracht en kernenergie nam toe. De toename van het aandeel van koolstofneutrale energie lijkt in een BAU-ontwikkeling tot stilstand te gaan komen. Kernenergie groeit traag,

waardoor het aandeel in het totaal daalt. De groei van waterkracht houdt hooguit de groei van het energiegebruik bij. Het aandeel van traditionele biomassa daalt aanmerkelijk. Daar kan in het BAU-scenario een licht stijgend aandeel van nieuwe vormen van hernieuwbare energie niet tegenop (namelijk zon, wind, moderne biomassa en getijden- en geothermische energie). Wel zal het aandeel van gas blijven stijgen. Al met al blijft de koolstofintensiteit van het gehele primaire energiegebruik min of meer constant, ook al neemt de gemiddelde koolstofinhoud van het onderdeel fossiele energie af (IEA 2004a).

... zullen de CO_2-emissies stijgen met zo'n 1,5 procent tot 2050

De afgelopen decennia namen de mondiale CO_2-emissies toe met 1,5 à 1,7 procent per jaar (Pacala en Socolow 2004a; IEA 2004a). Wanneer de komende decennia de koolstofintensiteit van de energiemix (zoals hierboven aangegeven) gelijk blijft, gaat de groei van de mondiale CO_2-emissie vrijwel gelijk op met het mondiaal energiegebruik, in de orde van 1,5 procent per jaar over de hele periode. Dat betekent een verdubbeling tot 2050, hetgeen overeenkomt met de mediaan en het gemiddelde van de 40 SRES-emissiescenario's van het IPCC (Special Report on Emissions Scenarios 2001) tot 2050. Door de relatief hoge verwachte economische groei zullen de emissies tot 2030 sneller stijgen, namelijk met 1,7 procent per jaar; als de mutatie van de energie-intensiteit beperkt blijft tot –1,3 procent, zal dat hogere tempo ook na 2030 blijven, ondanks de verwachting van afnemende groei.

Conclusie: afgaande op de IEA-prognoses voor een BAU-ontwikkeling komen de emissies in 2050 uit op een niveau 100 procent hoger dan nu, terwijl de 2 °C-doelstelling van de EU een emissietraject vergt dat, na aanvankelijke stijging, in 2050 uitkomt op een niveau dat zo'n 30 procent lager is dan nu. Tekstbox 4.2 laat zien dat de emissiereductie-uitdaging tot 2050 cumulatief circa 175 GtC bedraagt.

Omvang van de kloof en vereiste strategie

Tot 2050 moet cumulatief mondiaal ten opzichte van BAU circa 175 GtC minder uitgestoten worden om de EU-doelstelling te halen. Tekstbox 4.3 laat zien dat niet te veel moet worden verwacht van een snellere technologische ontwikkeling en van het met het oog daarop voorgenomen beleid. Het IEA heeft dat beleid geïnventariseerd in een Alternatief Scenario (AS), waarin het emissieniveau lager is dan in BAU-ontwikkeling, maar nog altijd 37 procent boven het huidige peil ligt en 62 procent boven dat van 1990. De jaarlijkse emissiegroei daalt in dit AS geleidelijk van 1,5 procent per jaar tot 0,7 procent in 2030. Er blijft dus een grote kloof bestaan tussen verwachting en doel. De paragrafen 4.4 tot en met 4.7 verkennen routes om die kloof te overbruggen, namelijk een verhoging van de energie-efficiëntie, een verbetering van de energiemix, bosbeleid en reductie van OBG's.

Tekstbox 4.2 De uitdaging vertaald in GtC

Volgens Hawkins (2001) is in de afgelopen anderhalve eeuw 290 GtC geëmitteerd. Bij een BAU-ontwikkeling komt daar in de komende eeuw circa 1500 GtC bij (Pacala en Socolow 2004a;

2004b). Deze 1500 GtC is de mediaan van de IPCC-scenario's (2001), die in een BAU-scenario een cumulatieve fossiele koolstofemissie hebben van 1000-2100 GtC. Voor een doel van 450-470 ppmv CO_2 in 2100 schatten Pacala en Socolow (zie ook IPCC 2001, figuur TS.5; Hawkins en Williams 2005; Stokes et al. 2004) het toelaatbare cumulatieve mondiale emissiebudget voor de periode 2000-2050 op zo'n 350 GtC, en in totaal voor deze eeuw op circa 600 GtC (560-630 GtC).[11] Voor het beoogde doel moet de jaarlijkse stijging eerst afnemen en vervolgens op een gegeven moment omslaan in een daling, om in 2050 uit te komen op 4-4,5 GtC per jaar (dat is 30-40% lager dan de huidige 6,5 GtC). In een BAU-ontwikkeling dreigt echter in 2050 de mondiaal cumulatieve emissie bij een stijging van de emissie met 1,5 procent gemiddeld per jaar uit te komen op zo'n 525 GtC (oplopend van 6,4 GtC per jaar in 2000 tot circa 15 GtC per jaar, in het jaar 2050).[12] Dat is 175 GtC boven het budget.
Het budget is uiteraard afhankelijk van het gestelde doel. Neemt men meer risico en koerst men op 550 ppmv, dan is het budget tot 2050 respectievelijk 2100 circa 460 GtC (met bandbreedte 423-463 GtC) respectievelijk 900 GtC (660-990 GtC). Bij dit grotere risico mogen de mondiale CO_2-emissies pieken op 11 GtC per jaar in 2030-2035, en moeten dan dalen tot pakweg 9,7 GtC per jaar in 2050 en 5-6 GtC tegen 2100.

Tekstbox 4.3 De beperkingen van snellere technologische ontwikkeling en van beleidsintensivering

Het effect van versnelde technische ontwikkeling binnen een BAU-scenario
De BAU-scenario's gaan uit van aannames met betrekking tot technologische ontwikkeling en kostendaling van de relevante technologieën. In het WETO-rapport (European Union 2003a) is onderzocht wat bij optimistischer aannames verwacht mag worden, namelijk als bij gelijkblijvend beleid nieuwe technieken een 10 procent betere efficiëntie hebben en als de investeringskosten 25 procent lager zijn, waardoor de drempel om de technieken toe te passen lager wordt. Deze aannames zijn op verschillende cases toegepast, maar bleken niet zo veel verschil te maken. Alle onderzochte cases samen (alle in de sector elektriciteit) hadden een effect van 5 procent minder CO_2 in 2030 ten opzichte van een BAU-ontwikkeling, met de aantekening dat de periode te kort is om het volledige effect te kunnen weergeven.
Bij de hernieuwbare energie (wind, biomassavergassing, zon, enzovoort) wreekt zich het geringe aandeel in de totale energie. In de case hernieuwbare energie betekende versnelde technische ontwikkeling weliswaar een groei met 132 procent, maar het effect op CO_2 was per saldo slechts een extra reductie met 1,6 procent. In de kolen-case leidden de rendementsverbeteringen (waaronder vergassingstechnologie) tot extra kolengebruik (+15%) ten koste van gas en hernieuwbare energie, waardoor kolen minder koolstofintensieve energievormen verdringen. Snellere technische verbeteringen bij gas (verbeteringen door *Combined Cycle Gas Turbine* en brandstofcel) leidden tot extra gasgebruik ten koste van vooral kolen en hernieuwbare energie. Het effect van de veronderstelde gunstiger aannames op de totale mondiale CO_2-emissie bedroeg per saldo –1,6 procent. Buiten beschouwing bleef onder meer de ontwikkeling en toepassing van CCS.
Het belang van de snellere technische ontwikkeling komt vooral duidelijk aan het licht als de koolstofprijzen gaan stijgen, maar dat veronderstelt een veel intensiever klimaatbeleid.[13] Met name de onderzochte case hernieuwbare energie en de case kerntechnologie hebben dan een aanmerkelijk verlagend effect op de marginale kosten na 2020.

Ingrepen op BAU-scenario's: het Alternatief Scenario van het BAU

Het Kyoto-beleid, te zien als eerste etappe in een lange tour, is in de beschreven BAU-ontwikkeling grotendeels opgenomen. Voor het beoogde emissietraject is aanzienlijk meer nodig. Het IEA (2004a) heeft de beleidsvoornemens van de lidstaten van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) en van een aantal landen daarbuiten doorgerekend op hun mondiaal effect tot 2030 in een Alternatief Scenario (AS). Het gaat daarbij niet alleen om klimaatbeleid maar ook om beleid gericht op energiezekerheid. Het IEA tekent aan dat die voornemens eerder het lopend politieke debat reflecteren dan dat ze recht doen aan de verschillen in kosteneffectiviteit en mondiaal potentieel. Ook is zowel CCS als geavanceerde kernenergie buiten beschouwing gebleven. Dit Kyoto-plus-beleid blijft heeft de volgende resultaten:

- Het leidt tot 10 procent minder primair energiegebruik; de mondiale energie-intensiteit daalt daardoor met 1,8 procent in plaats van 1,4 procent per jaar. Het IEA schrijft dit vooral toe aan het sneller beschikbaar komen van efficiëntere technieken in de OESO en het sneller toepassen daarvan, ook in ontwikkelingslanden.[14] De efficiëntie van elektriciteitscentrales neemt vooral in derdewereldlanden sterker toe; de vraag naar elektriciteit neemt minder sterk toe. Dit alles drukt de olieprijzen.
- De koolstofintensiteit van de gebruikte energie daalt, vooral dankzij een iets sterkere groei (2,7% per jaar) van koolstofneutrale energie (kernenergie, zon, wind en biomassa). Koolstofneutrale energie behaalt daardoor een aandeel van 22 procent in plaats van 18 procent in een BAU-scenario. Daarnaast daalt de koolstofintensiteit van de fossiele energie, doordat de groei van gebruik van kolen sterk afneemt (0,5% per jaar tegen 1,5% in BAU-ontwikkeling) ten gunste van gas.[15]
- Door het bovenstaande zakt de groei van de CO_2-emissie tot gemiddeld 1,1 procent per jaar en is de CO_2-emissie in 2030 16 procent lager dan in het BAU-scenario, waardoor jaarlijks 1,6 GtC minder wordt geëmitteerd. Dat is weliswaar evenveel als de huidige emissie in de VS en Canada, maar nog altijd veel te veel in het licht van de EU-doelstelling.

In het AS ligt het emissieniveau in 2030 dan wel lager dan in BAU-ontwikkeling, maar nog altijd 37 procent boven het huidige peil en 62 procent boven dat van 1990. De jaarlijkse emissiegroei daalt in dit AS geleidelijk van 1,5 procent per jaar tot 0,7 procent in 2030. Stel dat de geleidelijke procentuele daling van de emissies na 2030 verder zou gaan en dat het gemiddelde over de gehele periode 2000-2050 zou uitkomen op 0,5 procent per jaar, dan nog zou het emissieniveau in 2050 zo'n 30 procent hoger uitkomen dan nu, terwijl de EU-doelstelling een daling van 30-40 procent vraagt. Om deze kloof te overbruggen, zijn voor het vervolg de volgende observaties van belang:

- Meer efficiëntie in het eindgebruik speelt een hoofdrol: 60 procent van het resultaat. Voorts is 20 procent te danken aan substitutie door hernieuwbare energiebronnen, 10 procent aan meer kernenergie, 10 procent aan meer gas.
- Een groot deel van het resultaat wordt geboekt in de elektriciteitssector; daarvan 60 procent via aanpassingen in die sector zelf (efficiëntie bij opwekking; lagere transmissieverliezen, substitutie van kolen door gas en hernieuwbare bronnen) en 40 procent via afname van de vraag naar elektriciteit (de sector groeit 13% minder dan in het BAU-scenario).
- In dit AS spelen CCS (grootschalige toepassing hiervan wordt pas verwacht na 2030) en geavanceerde kernenergie geen rol.

4.4 ROUTE 1: MEER ENERGIE-EFFICIËNTIE

4.4.1 HET BELANG VAN DE ROUTE

Paragraaf 4.3.2 liet zien dat bevolkingsgroei en welvaartsgroei zonder energie-efficiëntieverbetering onvermijdelijk leiden tot een vrijwel evenredig groeiend energieverbruik, wat bij het huidige energiesysteem tot vrijwel evenredig meer emissie leidt. Energie-efficiëntieverbetering creëert welvaart en pakt tegelijk de milieuproblemen van welvaartsgroei bij de wortel aan.

In BAU-scenario's is altijd een geleidelijke spontane verbetering van de energie-efficiëntie opgenomen. De energie-efficiëntie neemt toe langs twee wegen:

- bij het eindgebruik: vooral in de gebouwde omgeving (verwarming, koeling), bij apparaten (verlichting, computers) en in transport; indirect ook door efficiënt gebruik van materiaal, kunstmest, enzovoort;
- bij conversie van primaire energie naar energievormen voor eindgebruik; er zijn forse mogelijkheden voor efficiëntere centrales (zie bijlage 2).

Ook structuureffecten hebben enige betekenis voor de energie-intensiteit. Onder structuureffecten worden bijvoorbeeld de effecten gerekend van demografische ontwikkeling (leeftijdsopbouw, huishoudensverdunning), de fase van industrialisatie en de daarmee samenhangende veranderingen in de intersectorale en vooral intrasectorale samenstelling van de economie (verdienstelijking, het aandeel van kwalitatief hoogwaardige producten) en verzadigingseffecten. Het effect van structuurveranderingen op de daling van de energie-intensiteit is tot nu toe gering, zeker in de OESO-landen (Luukkanen en Kaivo-oja 2002). Voor de OESO wordt het effect van structuurveranderingen geschat op een energie-intensiteitsverbetering van 0,4-0,5 procent per jaar, maar buiten de OESO betekenen structuureffecten eerder een hogere energie-intensiteit. Structuureffecten zijn in feite autonoom, dat wil zeggen niet via beleid op te roepen of te sturen (zie bijlage 2).

4.4.2 POTENTIE VAN DE ROUTE

Efficiëntieverbetering wordt voor een groot deel gerealiseerd via geleidelijke penetratie van nieuwe, efficiëntere apparatuur en kapitaalgoederen. Als men een versnelling bereikt in de verbetering van de energie-efficiëntie van nieuwe apparaten, dan heeft dat pas na verloop van tijd een goed merkbaar effect op de gemiddelde efficiëntie van het park van kapitaalgoederen – het tempo waarin apparaten worden vervangen is hier maatgevend. In het vervoer lijkt nog een verbetering met een factor 3 technisch realiseerbaar. Ook bij gebouwen kan nog veel gerealiseerd worden. Schattingen in bijlage 2 laten zien dat een combinatie van efficiëntieverbetering in eindgebruik en in elektriciteitsopwekking wellicht een afname van de energie-intensiteit met 2 procent per jaar mogelijk maakt. Daarmee lijkt de energie-efficiëntie een zeer belangrijke bijdrage te kunnen leveren aan de tot 2050 benodigde CO_2-reductie ten opzichte van het BAU-scenario. Het gaat potentieel om een reductie van 3,4 GtC per jaar in 2050.

Energie-efficiëntie is gevoelig voor beleid. De mate waarin technische mogelijkheden gerealiseerd worden hangt sterk af van de prijzen, die via beleid beïnvloedbaar zijn. Ook in de Nederlandse situatie ligt het technisch potentieel voor efficientieverbetering in de orde van 2 procent per jaar, maar met het voorgenomen beleid wordt waarschijnlijk minder dan 1,5 procent per jaar gerealiseerd (Daniëls en Farla 2006: 50).

Om de maximale bijdrage van verbetering van de energie-intensiteit aan de oplossing van het klimaatprobleem te leveren gaan we hier uit van de optimistische hypothese dat het lukt om mondiaal 2,3 procent verbetering per jaar te bereiken (2% efficiëntieverhoging + 0,3% structuureffect). Bij een krachtige en succesvolle inzet op energie-efficiëntie zou dit gerealiseerd kunnen worden, al zou het een ongekend succes zijn als een dergelijk tempo al snel bereikt zou worden en vervolgens ook decennia achtereen werd volgehouden.

De veronderstelde optimistische verbetering van de energie-intensiteit reduceert het opwaartse effect op de emissiegroei van de BBP-groei van 3 procent per jaar tot 0,7 procent per jaar, gemiddeld over 2000-2030. Zolang de energiemix niet verandert, groeien de emissies dus ook in dit optimistische scenario tot 2050 met ruim 40 procent, terwijl beredeneerd vanuit de klimaatdoelstelling een daling met 30 procent gewenst wordt.

Resterende kloof

Als de emissiereductiepotentie van verhoging van de energie-efficiëntie gerealiseerd wordt volgens bovenstaand optimistisch scenario, kan het 450 ppmv-doel alleen bereikt worden als het aandeel fossiel in het groeiend energiegebruik niet, zoals in een BAU-scenario (IEA 2004a), stijgt van 80 naar 82 procent, maar daalt naar zo'n 40 procent.[16]

4.4.3 CONCLUSIE

Verbetering van de energie-efficiëntie kan met 3,4 GtC per jaar in 2050 ten opzichte van BAU een zeer belangrijke emissiereductiebijdrage leveren, op voorwaarde dat het daarvoor benodigde intensieve beleid wordt gevoerd en betaald. Niettemin kan met een emissiereductiebeleid dat hoofdzakelijk effect heeft op de energie-efficiëntie realistisch gesproken geen ombuiging in het energiegebruik worden bereikt. Om het door de EU gestelde emissiereductiedoel te bereiken, moet ook de energiemix veranderen, opdat hetzij het aandeel van fossiele energie in het groeiend primaire energiegebruik sterk terugloopt, hetzij de emissie uit fossiele energie vermindert.

4.5 ROUTE 2: SLEUTELEN AAN DE MONDIALE ENERGIEMIX

4.5.1 HET BELANG VAN DE ROUTE

Ook bij vergaande verbetering van de energie-efficiëntie gaat economische groei gepaard met toenemende CO_2-emissie. Dat maakt emissiearme energie urgent. Hierna wordt bezien waar de prioriteit zou moeten liggen bij pogingen om ten behoeve van emissiereductie de energiemix te wijzigen. Dat gebeurt aan de hand van drie vragen: (1) Welke van de fossiele energiedragers komt het meest voor vervanging in aanmerking? (2) Welke sectoren komen het meest in aanmerking? (3) Welke regio's van de wereld verdienen de meeste aandacht?

De antwoorden op deze vragen leveren randvoorwaarden op, waarmee in paragraaf 4.5.5 de vraag behandeld zal worden op welke wijze de energiemix zou kunnen worden aangepakt: welke combinatie van moderne hernieuwbare energie, kernenergie en schone fossiele energie? Bij het lezen van deze paragraaf is het essentieel zich te realiseren dat een stabiel aandeel van een energievorm in de energiemix samengaat met een sterke groei van de desbetreffende energievorm. In wonderland staat hollen gelijk aan stilstaan.

4.5.2 VRAAG 1: WELKE FOSSIELE ENERGIEDRAGERS?

De belangrijkste fossiele energiedragers zijn gas, olie en kolen. Een alternatief zoeken voor gas heeft de minste prioriteit. Het gasgebruik groeit snel, waardoor het aandeel ervan oploopt van 21 procent nu naar 25 procent in 2030. Dat is voor de CO_2-emissie gunstig, want bij de verbranding van gas wordt per eenheid energie relatief weinig CO_2 gevormd.[17] Er is dan ook eerder reden om de komende decennia het gebruik van gas uit te breiden, vooral ten koste van kolen, want die zijn het meest koolstofintensief. Dat zou dan vooral moeten gebeuren bij de elektriciteitsopwekking. Het door het IEA verwachte aandeel van gas in elektriciteit stijgt van 36 procent naar 47 procent in 2030.[18]

Alternatieven zoeken voor olie is relevanter, zowel vanuit het oogpunt van klimaatbeleid als vanuit het oogpunt van energiezekerheid. Voor het klimaat is relevant dat olie op dit moment verantwoordelijk is voor 41 procent van de CO_2-emissies; dat daalt in een BAU-groeipad licht naar 39 procent. De energiezekerheid is (zeker in een BAU-ontwikkeling) minstens zo urgent als het klimaat, want de piek voor conventionele olie komt in zicht en het transport is vrijwel geheel afhankelijk van olie. In 1971 ging 33 procent van de olie naar het transport; in 2002 47 procent en dat wordt in 2030 54 procent. In het gehele energiegebruik heeft olie een aandeel van 35 procent. De eerstkomende decennia is overigens niet zozeer de fysieke schaarste bedreigend. Het gebruik kan in principe voorlopig nog meegroeien met het BBP, dankzij een geleidelijk toenemende rol van niet-conventionele olie. Bedreigender voor de energiezekerheid is eerder dat er onvoldoende tijdig wordt geïnvesteerd, en vooral de vergaande afhankelijkheid van slechts enkele regio's, met name het Midden-Oosten en Rusland. In de woorden

van EU-commissaris Piebalgs: "Europa is tegen 2030 voor 90 procent van zijn oliegebruik, en 80 procent van zijn gasgebruik afhankelijk van importen; die trends zijn ongebroken, ondanks Europa's *commitment* om hernieuwbare energie te ontwikkelen."

Kolen zijn vanuit klimaatoogpunt het meest relevant. Het gebruik van kolen groeit met 1,4 procent per jaar.[19] Bijna 70 procent van de kolen wordt benut voor opwekking van elektriciteit, de meest groeiende van alle sectoren, en dat groeit naar 79 procent in 2030. Daarmee is dat aandeel in de mondiale opwekkingscapaciteit bijna 40 procent. Het aandeel van kolen in de primaire energie blijft in een BAU-situatie vrijwel gelijk (23% nu, 22% in 2030). De kapitaalvoorraad aan krachtcentrales is op kolen ingesteld. Van de kolen wordt 16 procent gebruikt in de industriële sector, met name in de staalindustrie, en dat zakt naar 12 procent.[20] Er zijn twee redenen waarom het gebruik van kolen in de komende decennia vanuit klimaatoptiek het echte knelpunt vormt.

De eerste reden voor het belang van kolen ligt in de koolstofintensiteit ervan. Zoals eerder gezegd, is de emissie per eenheid energie van kolen veel hoger dan die van olie en gas. Een switch van kolen naar gas levert bij gelijkblijvende energie-efficiëntie een emissiereductie van ten minste 43 procent op. Daarmee lijkt het voor de hand te liggen kolen te vervangen door gas en olie, maar zo eenvoudig ligt dat niet vanwege de ruime beschikbaarheid van kolen.

Die ruime beschikbaarheid van kolen in verhouding tot olie en gas (zie tekstbox 4.4) vormt de tweede reden voor hun belang. Het verbruik van de bestaande voorraden olie en gas past binnen het CO_2-budget voor de komende decennia, dat van kolen niet. Er is deze eeuw nog een ruimte voor uitstoot van circa 600 GtC (zie tekstbox 4.2). Als we alle nu bekende conventionele reserves olie en gas nog in deze eeuw in hun geheel zouden gebruiken, dan zouden er slechts zo'n 200 GtC de lucht in gaan.[21] Dus voordat het emissiebudget van 600 GtC ton is opgebruikt, zijn de gewone olie- en gasvoorraden allang op. Schaarste zal bovendien een toenemend deel van de beschikbare olie doen gebruiken als grondstof voor de chemische industrie.

Het gebruik van de bestaande voorraden kolen past daarentegen niet binnen het CO_2-budget: die voorraden zijn nog goed voor circa tweehonderd jaar en daarom zijn ze vooralsnog absoluut niet weg te denken uit de mondiale energievoorziening. De voorraden zijn relatief goedkoop en redelijk verspreid over de wereld, in het bijzonder in de VS, Australië, China en India. De prijs is vooral van belang in ontwikkelingslanden, waar de helft van alle nieuwe elektriciteitscentrales zou moeten komen. Kolen zijn voor veel landen dé optie voor voorzieningszekerheid (al verschilt de relevantie per regio) (MacFarland et al. 2004; CIAB/IEA 2005). Kolen worden bovendien belangrijker, omdat het in de nabije toekomst mogelijk is om met vergassingstechnologie (zie bijlage 3) uit kolen zowel schoon gas te maken alsook vloeibare brandstof voor transport. Dus als de olieprijs op een blijvend hoog peil zou komen, en als conventionele olie zou

gaan pieken tussen 2015-2035, dan zou de rol van kolen nog belangrijker kunnen worden.

In het licht van het voorgaande is het gebruik van conventionele olie en gas in zekere zin dus een secundair probleem, zeker tot 2050. Er is zelfs nog een behoorlijke ruimte voor nieuwe exploitatie van olie en gas (nieuwe voorraden en verbeterde benutting van bestaande bronnen) en van onconventionele olie (een deel daarvan is al concurrerend, een groter deel is nog duur). Substitutie van olie en gas is dus in de komende decennia vanuit het oogpunt van emissiereductie nauwelijks urgent. Dat is maar goed ook, want het gebruik van olie en gas is economisch zo aantrekkelijk dat de kans vrijwel nihil is dat deze voorraden niet zouden worden benut. Anders geformuleerd: vanuit emissiereductieoptiek is de eerste concurrent voor koolstofneutrale energie het gebruik van kolen, in de tweede plaats pas dat van onconventionele olie en gas (die beter zijn verspreid dan de conventionele energiebronnen; denk aan gashydraten) en pas in de derde plaats conventionele olie en gas.

Conclusie: de inzet van sleutelen aan de energiemix voor de komende decennia moet zijn het gebruik van kolen te beperken en/of te voorkomen dat de door kolen geproduceerde CO_2 in de atmosfeer verdwijnt.

Tekstbox 4.4 Fossiele energie is niet schaars

De Club van Rome was in 1972 nog van mening dat uitputting van grondstoffen de groei zou begrenzen. Die voorspelling is niet bewaarheid. Schaarste van fossiele energie in deze eeuw is niet waarschijnlijk.
De bewezen wereldreserve aan ruwe olie bedroeg in 2003 circa 1000 tot 1200 miljard vaten (CIEP 2004). Dat is bij de huidige groeitrend in het verbruik genoeg voor circa 30 à 40 jaar. Daarnaast is er nog eenzelfde volume aan waarschijnlijke reserves, die winbaar zijn bij een verbetering van de techniek of een hogere prijs. De gasvoorraad is toereikend voor circa 60 jaar. Deze cijfers willen niet zeggen dat de olie- en gasvoorraden binnen een periode van circa 60 jaar zullen zijn opgebruikt. In de afgelopen decennia is het wereldvolume bewezen oliereserves niet gedaald (zoals men op grond van verbruik zou mogen verwachten), maar is het dankzij exploratie juist gestegen met gemiddeld bijna 2,5 procent per jaar (Kingma en Suyker 2004). Behalve de conventionele oliereserve is er een aanzienlijke hoeveelheid onconventionele olie winbaar uit teerzanden (een mengsel van klei, zand, water en teer), waarbij gedacht moet worden aan productieprijzen rond 20 dollar per vat. De geschatte reserve teerzanden in Canada en Venezuela bedraagt circa 3700 miljard vaten, waarvan 570 miljard vaten bij de huidige technologie en de prijs van 2001 geëxploiteerd kan worden.

Behalve olie en gas zijn er grote voorraden kolen, verspreid over de gehele wereld. De economisch winbare kolenvoorraad bedraagt circa duizend miljard ton, goed voor tweehonderd jaar. In de laatste 22 jaar zijn de bewezen reserves met 50 procent gegroeid (IEA 2001). Kolen leveren niet alleen een hogere CO_2-belasting per kWh op, maar zijn bij gebrekkige technologietoepassing daarnaast ook lokaal meer vervuilend dan olie en gas. Dat laatste zou kunnen leiden tot matiging van

het gebruik ervan en/of tot schoner gebruik. Daarbij moet wel worden aangetekend dat technieken voor het bestrijden van lokale luchtverontreiniging niet noodzakelijk ook een vermindering van CO_2-uitstoot opleveren; daar zijn extra investeringen voor nodig, bijvoorbeeld in CCS (zie bijlage 3).

En ten slotte zijn er nog grote hoeveelheden methaanhydraat (in kristal opgesloten methaangas). De voorraad in alleen de VS wordt door het Department of Energy geschat op meer dan 5 miljoen km^3 gas. Methaanhydraten liggen verspreid, veelal diep in de oceanen. Met de huidige technologie is hooguit een minimale fractie winbaar, maar ook een minimale fractie vertegenwoordigt al een grote hoeveelheid.

Conventionele en onconventionele olie bevat 650 GtC, en aardgas 760 GtC. Kolen echter 5150 GtC, 80 procent van alle fossiele reserves.

4.5.3 VRAAG 2: WELKE SECTOREN?

De sectoren transport en elektriciteit zijn veruit het meest relevant om CO_2-emissie via de energiemix aan te pakken. Dat zijn niet alleen de sectoren met het grootste aandeel in het totale energiegebruik, het zijn ook de sectoren die het sterkste groeien (zie tabel 4.4). Bij een BAU-ontwikkeling wordt verwacht dat in 2050 maar liefst driekwart van de CO_2-emissies afkomstig zal zijn uit deze twee sectoren: de helft uit de elektriciteitsopwekking en een kwart uit het vervoer. Samen hebben ze momenteel een aandeel van 54 procent in het mondiaal primair energiegebruik, en dat groeit in de prognoses tot 66 procent in 2030. Hun aandeel in de extra mondiale emissies groeit in die periode zelfs tot meer dan 75 procent.

In vergelijking met elektriciteit en transport zijn de overige sectoren van secundair belang. In de industrie wordt weliswaar in ontwikkelingslanden veel energie gebruikt, maar het aandeel van dat gebruik in het totaal neemt bij modernisering van hun economieën snel af. In de gebouwde omgeving wordt fossiele energie benut voor verwarming en koeling. Bij verwarming zijn de vervangingsmogelijkheden voor fossiele energie zeer beperkt en voor koeling wordt doorgaans elektriciteit gebruikt. Voor deze beide functies is verbetering van de energie-efficiëntie voor de komende decennia veruit de belangrijkste optie (isolatie, (micro-)warmtekrachtkoppeling en warmtewisselaars), en de resultaten daarvan zijn al begrepen in de optimistische berekening van paragraaf 4.4.

Emissiereductie in de sector transport

Het mondiale transport is verantwoordelijk voor meer dan 20 procent van de CO_2-emissies; en dat lijkt op te lopen naar 23 procent in 2030 (zie tabel 4.4).[22] Verwacht wordt dat het transport in de OESO in 2020 al 30 procent van de emissies veroorzaakt. Transport is voor 95 procent afhankelijk van olie. De emissiereductiebijdrage in het transport moet vooral komen van efficiëntie; dit effect is verwerkt in de optimistische aanname in paragraaf 4.4.

Tabel 4.4 Verdeling van fossiele CO_2-emissies (in%)

	Wereld		Ontwikkelings-landen		OESO	
	2002	2030	2002	2030	2002	2030
Elektriciteit	39,8	43,9	40,7	48,7	38,5	39,1
Transport	20,8	22,8	15,1	18,2	27,2	30,7
Industrie	17,4	14,6	23,7	16,3	13,8	12,3
Gebouwde omgeving + diensten	13,6	11,5	13,0	10,5	14,5	12,3
Overige	8,0	7,0	7,3	6,2	6,0	5,6
Totaal	100	100	100	100	100	100

Bron: IEA 2004a: 75

Via de brandstofmix kan het transport vooralsnog beperkt bijdragen aan mitigatie. Voor alternatieve brandstoffen is in de meeste gevallen een groot struikelblok dat aanpassing van motoren en van het brandstofdistributiesysteem nodig is. Maar dat geldt niet of nauwelijks voor biobrandstoffen. Ethanol op basis van suikerriet biedt op dit moment het meeste perspectief. Dat heeft in Brazilië al een aandeel van 30 procent in de transportbrandstof (Fulton 2005). Ook dient zich nu een nieuwe generatie aan van biobrandstoffen op cellulosebasis. Bij optimistische aannames over de verdere ontwikkeling en toepassing daarvan zou op de termijn tot 2030 à 2050 een aandeel van een derde in de transportbrandstoffen een prima resultaat zijn (IEA 2004c). Dat leidt echter niet tot een evenredig mitigatie-effect, aangezien fossiele energie gebruikt wordt bij de productie van energiegewassen. Grootschalige toepassing van waterstof is om allerlei redenen niet voor 2050 te verwachten.[23] De substitutie van fossiele brandstof in het transport is dus een zaak van de lange adem. Het resterende deel van de conventionele olie zal daarom ongetwijfeld hoofdzakelijk voor transport worden benut. Een nieuwe brandstofmix voor het transport is (hopelijk) in de tweede helft van deze eeuw aan de orde.

Emissiereductie in de sector elektriciteit

Emissiereductie in de elektriciteitssector is op kortere termijn relevant. Er zijn vier redenen waarom de elektriciteitssector een sleutelsector is, namelijk de omvang en groei van het verbruik, de gebruikte brandstof, de potentie voor koolstofneutrale vervanging en de levensduur van investeringen. Ze worden hieronder toegelicht.

Het aandeel van elektriciteit in het totale energiegebruik groeit en wel vooral in de ontwikkelingslanden (zie tabel 4.4). Elektriciteit heeft een aandeel van slechts 16 procent in het mondiaal eindgebruik, maar vraagt 30 procent van het primaire energiegebruik en is goed voor bijna 40 procent van de huidige CO_2-emissies. Die aandelen groeien in 2030 in BAU-scenario's tot respectievelijk 20 procent, 35 procent en 44 procent. Bij het opwekken van elektriciteit gaat veel energie verlo-

ren in de conversie.[24] Het hoge aandeel van elektriciteit in de CO_2-emissies ontstaat ondanks het feit dat een derde ervan koolstofneutraal wordt opgewekt.

De tweede reden voor het belang van elektriciteit ligt in de gebruikte brandstof. Tabel 4.5 laat zien dat kolen met 39 procent het grootste deel van de energie leveren voor elektriciteit; kolen zijn, zoals gezegd, ook de meest koolstofintensieve brandstof. In 2030 zullen kolencentrales in derdewereldlanden meer CO_2 genereren dan de gehele elektriciteitssector in de OESO. Olie en gas leveren samen 26 procent van de benodigde energie. Het aandeel van kolen blijft stabiel (38% in 2030). Het gebruik van gas neemt toe, waarmee het de tweede energiebron voor elektriciteit wordt (30% in 2030). Het aandeel van koolstofneutrale elektriciteit neemt af.

De derde reden waarom elektriciteit belangrijk is, is dat deze sector voor toepassing van koolstofneutrale energie het meest aangewezen is. Elektriciteit wordt grootschalig opgewekt en de schaalvoordelen daarvan zijn voor de koolstofneutrale energievorm essentieel. Koolstofneutrale vervangers voor andere sectoren dan elektriciteit zijn (voorlopig) nauwelijks voorhanden, met uitzondering van de hiervoor besproken biobrandstoffen voor transport.

De laatste reden voor het belang van elektriciteit ligt in de levensduur van investeringen in krachtcentrales. Die gaan veel langer mee dan andere investeringsgoederen zoals auto's, warmte- en koelingsystemen (raffinaderijen vormen een uitzondering). Een eenmaal gebouwde krachtcentrale legt de gebruikte techniek voor lange tijd vast. Voor de mate van CO_2-emissie is dus de hamvraag: investeert men in gas, kernenergie, hernieuwbare energie of in de nieuwste efficiente technieken voor kolencentrales, al dan niet met een mogelijkheid voor CCS? De levensduur is cruciaal, omdat juist de elektriciteitssector in de komende decennia een enorme golf aan vervangings- en uitbreidingsinvesteringen te wachten staat. Veel oude centrales – met name in de OESO-landen – zijn dringend aan vervanging toe, al in de periode tot 2030.[25] Om aan de groeiende vraag naar elektriciteit te kunnen voldoen moet het aantal centrales sterk worden uitgebreid. Volgens het IEA gaat het in totaal in een BAU-ontwikkeling om meer dan 4800 GW, waarvan 2400 GW in ontwikkelingslanden. Het IEA verwacht dat de toename van de elektriciteitsproductie zal worden ingevuld met 40 procent aardgas, 4 procent olie, 3 procent kernenergie, 29 procent kolen en 24 procent hernieuwbare bronnen. Op basis van deze invulling verwacht het IEA dat de elektriciteitssector 44 procent van de mondiale CO_2-emissies zal veroorzaken.

Aangezien al die nieuwe centrales een levensduur hebben tot ver in deze eeuw, zullen de investeringsbeslissingen een groot stempel drukken op de omvang van de emissiereductie tot ver in deze eeuw. Voor de VS is berekend dat alleen al de huidige kapitaalgoederen bij een normaal gebruik zo'n 40 GtC zullen uitstoten (zie tekstbox 4.5). Bij een BAU-scenario in de VS zal rond 2020 tussen 73 en 90 procent van het redelijkerwijs aan de VS toe te kennen emissiebudget tot 2050 zijn opgesoupeerd dan wel vastgelegd in de vorm van kapitaalgoederenvoorraad, zelfs als er geen enkel kapitaalgoed meer bij zou komen na 2020.

Conclusie: emissiereductie via de energiemix tot 2040 à 2050 moet vooral komen van de sector elektriciteit. De bijdrage van de sector transport zal kunnen groeien, maar wordt op zijn vroegst substantieel na 2050.

Tabel 4.5 Elektriciteit: aandelen naar energiedragers en regio (in %)

	Wereld		OESO		Transitie-landen		Ontwikkelings-landen	
	2002	2030	2002	2030	2002	2030	2002	2030
Fossiele energie-bronnen			62	64	63	72	74	78
• Kolen	39	38	38	33	22	16	45	47
• Olie	7	4	6	2	4	2	12	5
• Gas	19	30	18	29	37	54	17	26
Kernenergie	17	9	23	15	18	11	2	3
Waterkracht	16	13	13	11	19	15	23	16
Overige hernieuw-bare bronnen	2	6	3	10	0	2	1	3

Bron: IEA 2004a: 197

Tekstbox 4.5 Kapitaalgoederen leggen de toekomstige emissie vast

Generaties kapitaalgoederen belichamen de stand van de techniek op het moment van ingebruikneming, waarna de emissie per eenheid product voor de levensduur van het kapitaalgoed vastligt. Het Battelle Instituut (Stokes et al. 2004) heeft onderzocht wat de implicatie is van de trage doorloopsnelheid van kapitaalgoederen voor de koolstofemissies in de VS. De belangrijkste emissiebronnen in de VS zijn elektriciteit (39%) en transport (totaal 33%; snelwegtransport 23%). Elektriciteitscentrales gaan 30 tot 70 jaar mee. Het huidige park bestaat met name uit kolencentrales (stoomturbines) die in de komende vijftig jaar circa 22 GtC emitteren. Bij het wagenpark op de snelweg is het levensduureffect veel minder: na 15 jaar zijn wagens vervangen. Maar niettemin produceert het huidige wagenpark in de komende 25 jaar circa 4 GtC. Samen zijn deze kapitaalgoederen goed voor 62 procent van de VS-emissies; inclusief de rest van de transportsector is dit 72 procent. Voorts is de structurele energieconsumptie doorgerekend van gebouwen, snelwegen en ruimtelijkeordeningsbeslissingen. In totaal zullen de huidige kapitaalgoederen in de VS bij een normaal gebruik tot 2050 zo'n 40 GtC uitstoten. Dat is 10,7 procent van het mondiale koolstofbudget van 375 GtC dat bij een doel van 450 ppmv beschikbaar is. Er ligt geen aandeel van de VS in het mondiale budget vast, maar bij uiteenlopende aannames over wat een acceptabel aandeel zou zijn, komt de genoemde 40 GtC overeen met 39 tot 57 procent van dat aandeel in het budget. Zouden de VS tot 2020 doorgaan volgens BAU, dan is in 2020 al tussen 73 en 90 procent van het budget tot 2050 gebruikt, respectievelijk het gebruik daarvan al vastgelegd, namelijk door de kapitaalgoederenvoorraad zoals die tussen 2000 en 2020 werd gekozen, zelfs als er geen enkel kapitaalgoed meer bij zou komen na 2020.

4.5.4 VRAAG 3: WELKE REGIO'S?

De derde vraag bij de energiemix is welke regio's in de wereld de meeste aandacht verdienen. Gezien de te verwachten groei van het energiegebruik zijn dat de ontwikkelingslanden, want volgens het BAU-scenario van het IEA zal waarschijnlijk 70 procent van de groei van het energiegebruik tot 2030 daar gaan plaatsvinden. Tabel 4.6 laat zien dat een groei van 1,7 procent per jaar overeenkomt met 62 procent cumulatief tot 2030. Dat betekent dat ook meer dan twee derde van de emissiegroei tot 2030 afkomstig zal zijn uit ontwikkelingslanden. Het aandeel van ontwikkelingslanden in het mondiaal primair energiegebruik loopt in hoog tempo op: van 36 procent nu naar 48 procent in 2030. Volgens tabel 4.6 stijgt het aandeel in de mondiale CO_2-emissies in een vrijwel gelijk tempo tot 49 procent.[26] Het aandeel van de OESO-landen in het mondiaal energiegebruik daalt in de periode tot 2030 navenant van de huidige 54 procent naar 42 procent.[27] Ook bij de CO_2-emissies zien we een daling van het aandeel van de OESO van de huidige 53 procent naar 41 procent.

Conclusie: een significant en toenemend deel van de emissiereductiemaatregelen zal moeten worden genomen in andere dan de OESO-landen, met name in derdewereldlanden. Bij de keuze van (te ontwikkelen) emissiereductieopties zal hiermee rekening moeten worden gehouden.

Tabel 4.6 Aandeel regio's in CO_2-emissies volgens het BAU-scenario

	Aandeel in de mondiale CO_2-emissies van fossiele bronnen		Groei van de emissies
	2002	2030	2002-2030
OESO	52,8%	42%	27%
Transitielanden	10,3%	9%	43%
Ontwikkelingslanden	34,9%	49%[a]	123%
Totaal	23 GtC	35 GtC	62%

a Volgens het WETO-ref-scenario: 41 procent in 2030 (European Union 2003a). Cumulatieve emissies in 2000: 47 procent en in 2030 meer dan die van ontwikkelde landen (MITI).

Bron: IEA 2004a: 75

4.5.5 POTENTIE VAN DE ROUTE

Emissiereductie via de energiemix zou, gezien voorgaande paragrafen, vooral moeten plaatsvinden bij elektriciteitscentrales en in ontwikkelingslanden. De vraag is hoe dat zou moeten als kolen de grootste concurrent zijn van gangbare vormen van duurzame energie. In paragraaf 4.4 is vastgesteld dat het mondiale aandeel van fossiele brandstoffen in het groeiend energiegebruik zou moeten

dalen van 80 procent naar zo'n 40 procent in 2050, in plaats van te stijgen naar 82 procent in 2030, zoals in de BAU-ontwikkeling lijkt te gebeuren. Dat was nodig om in de komende decennia een mondiaal emissietraject te realiseren dat hoort bij de 2 °C-doelstelling van de EU. In het doel voor de energiemix was al een daling van energie-intensiteit verondersteld.

Uit het voorgaande volgt onmiddellijk dat het aandeel van koolstofneutrale energie in het energiegebruik dan zou moeten stijgen van de huidige 20 procent naar 60 procent in 2050 in plaats van de in BAU-scenario's verwachte daling. Deze stijging in het aandeel moet gerealiseerd worden bij een sterk groeiend elektriciteitsverbruik. De vraag is hoe: via welke combinatie van moderne hernieuwbare energie, kernenergie en schone fossiele energie?

In BAU-ontwikkeling geen groei van het aandeel koolstofneutrale energie
Juist de groei in het verbruik zorgt volgens het IEA in BAU-modellen voor de daling van het aandeel koolstofneutraal. De huidige 20 procent koolstofneutraal valt uiteen in 6,7 procent kernenergie en 13,5 procent hernieuwbaar. Het IEA verwacht dat de productie van kernenergie weliswaar zal groeien in kWh, maar niet in marktaandeel. Dat aandeel gaat dalen van 6,7 procent naar 4,6 procent in 2030, doordat diverse landen afgeschreven centrales niet zullen vervangen. Voorts verwacht het IEA dat het aandeel van hernieuwbare energie de komende decennia blijft steken op 13,5 procent. Die stabilisatie is het saldo van de volgende verschuivingen:

- Traditionele biomassa daalt van 7,3 procent naar 5,6 procent in 2030.
- Moderne biomassa groeit van 3,4 procent tot 4,1 procent in 2030.
- Zon en wind verdrievoudigen tezamen van 0,5 procent tot 1,6 procent, dankzij een groei met 5,7 procent per jaar. Als dit tempo wordt volgehouden, geeft dat tot 2030 een groei met bijna 400 procent te zien, maar vanuit een minimale basis, zodat het aandeel in de groeiende energiemarkt maar weinig toeneemt.
- Waterkracht stabiliseert op 2,2 procent. Wel groeit het volume flink met 62 procent, met name in ontwikkelingslanden, maar dat is net genoeg om de groei van het energiegebruik bij te houden. Het aantal mogelijkheden voor grootschalige projecten neemt snel af.

Samen groeien de nieuwe hernieuwbare bronnen (moderne biomassa, zon en wind) dankzij overheidssteun tot 2030, ondanks de verdubbeling in volume, dus slechts van een aandeel van 4 procent in 2002 naar een aandeel van 5,7 procent in 2030.

Dat de IEA-scenario's weinig hoop geven, is niet verbazingwekkend. Substantiële overschakeling op koolstofneutrale energiedragers is voor energiebedrijven weinig aantrekkelijk. Zij moeten zorgvuldig omgaan met geïnvesteerd kapitaal, en moeten betrouwbaarheid van techniek en aanvoer vooropstellen. Ze halen, kortom, liever niet te veel overhoop. Ook kunnen zij de energiekosten niet uit de pas laten lopen met die van de concurrenten.

Conclusie: gaat men af op de IEA-prognose in een BAU-ontwikkeling, dan zijn er de komende decennia voor de emissiereductieroute van een koolstofneutrale energiemix maar twee serieuze opties: kernenergie of moderne hernieuwbare energie.

Zolang veel landen kernenergie afwijzen of negeren, blijft alleen de optie van moderne hernieuwbare energie over: zon, wind en moderne biomassa. Deze route kan in beginsel op een brede publieke steun rekenen, omdat de zaken structureel, bij de wortels worden aangepakt. Bovendien zou moderne hernieuwbare energie als nevenbate op lange termijn ook de energiezekerheid veilig kunnen stellen. De cruciale vraag is natuurlijk of zo'n route ook in de praktijk haalbaar is. In paragraaf 4.3.2 (tekstbox 4.3) bleek al dat de resultaten voor koolstofneutrale energie nauwelijks beter worden indien de voorgenomen beleidsvoornemens ook echt doorgezet worden. Kortom, de verwachte ontwikkeling is niet compatibel met het tijdpad voor de 2 °C-doelstelling van de EU.

De vraag naar de haalbaarheid van een scenario met een sterk groeiend aandeel van koolstofneutrale energie wordt hieronder in twee stappen beantwoord, namelijk met en zonder groei van het aandeel van kernenergie. Wat het antwoord is met afbouw van kernenergie behoeft daarna geen betoog meer.

Wedden op moderne hernieuwbare energie?

Als het aandeel van kernenergie niet groeit, maar stabiliseert op 6 procent (de productie in kWh groeit dan nog wel), zou het aandeel van moderne hernieuwbare energie moeten toenemen van 4 procent in 2002 tot rond 46 procent in 2030. De groeipotentie van waterkracht is, zoals eerder is gesteld, immers onvoldoende om een groeiend marktaandeel te realiseren. Dat deze grote sprong voorwaarts een vrijwel onmogelijke opgave is, spreekt eigenlijk voor zich, maar wordt hierna desondanks verder toegelicht.

Om het gebruik van moderne hernieuwbare energie drastisch te doen toenemen, is men hoofdzakelijk aangewezen op toepassingen in de sector elektriciteit. Dat spoort met de eerder getrokken conclusie dat de sector elektriciteit en de daarmee gemoeide kolenemissies cruciaal zijn, maar niet met de eveneens getrokken conclusie dat er weinig reden is om in die sector juist gas te gaan vervangen door een koolstofneutrale energievorm.

Om het vereiste aandeel van moderne hernieuwbare energie te realiseren, zou fossiele energie vrijwel geheel uit de elektriciteitssector moeten worden verdrongen, en dat zou bovendien reeds in de komende decennia moeten gebeuren. Elektriciteit legt immers beslag op zo'n 35 procent van de primaire energie, en verschuivingen binnen de sector elektriciteit wegen dus maar voor een derde mee in de totale energiemix. Nu komt er juist in de elektriciteitssector een zeer omvangrijke investeringsgolf aan. Aangezien al die nieuwe centrales een levensduur hebben tot ver in deze eeuw zou vrijwel alle nieuwe capaciteit gebaseerd moeten worden op moderne hernieuwbare energie. Alle centrales waarvan men

nu verwacht dat ze gebaseerd zouden worden op kolen, olie of gas, zouden dan gebaseerd moeten worden op windenergie, zonne-energie en/of moderne biomassa. De kans dat zoiets gerealiseerd wordt is klein, om de volgende redenen:

- Door nieuwe technische ontwikkelingen en een hoge olieprijs lijkt moderne biomassa op afzienbare termijn concurrerend te worden, waardoor het aandeel van biomassa in het doorgroeiend mondiaal primair energiegebruik de komende decennia geleidelijk kan oplopen van de huidige 11 procent tot 20-30 procent, waarbij moderne biomassa de traditionele vorm geleidelijk vervangt. Maar deze groei is niet voldoende voor het hier te bereiken doel, mede doordat de productie van biomassa allerminst emissievrij is. Zie bijlage 5.
- Zonne-energie in de elektriciteitssector is nog niet rijp voor brede toepassing. Emissiereductiepotentieel van significante omvang is pas te verwachten na 2050.
- De kosten van gewone toepassingen van moderne hernieuwbare energie zijn nog relatief zeer hoog (zie bijlagen 4 en 5). Windenergie bijvoorbeeld kost momenteel 1,5 à 3 maal zo veel als elektriciteit uit conventionele centrales. De CO_2-prijs van wind ligt op 95 à 240 euro per ton vermeden CO_2, afhankelijk van onder meer de vraag hoeveel van de kosten van de noodzakelijke conventionele reservecapaciteit wegens onvoorspelbare windenergieaanvoer aan windenergie wordt toegerekend. De leercurve voor windenergie begint te vertragen; de grote slagen in de ontwikkeling zijn al gemaakt, zodat de toekomstige prijsdalingen waarschijnlijk beperkt zijn. Ook andere vormen van moderne hernieuwbare energie zijn nog erg kostbaar. Zo berekent het rapport van het Energieonderzoek Centrum Nederland en het Milieu- en Natuurplanbureau (Daniëls en Farla 2006) dat Nederland tot 2020 binnenslands zijn emissiereductie kan realiseren voor gemiddeld[28] circa 37,50 euro per ton CO_2, waarbij moderne hernieuwbare energie nauwelijks een plaats krijgt in het optiepakket.
- De gebrekkige kosteneffectiviteit is misschien in Nederland geen doorslaggevend bezwaar, maar de bereidheid deze kosten op te brengen moet wereldwijd zijn. Als de bereidheid er alleen in enkele vooroplopende landen is, kan die hooguit bijdragen aan het opdoen van ervaring, maar niet aan de voor de EU-doelstelling vereiste wereldwijde implementatie. Gegeven het feit dat het al moeilijk genoeg is de rest van de wereld de ernst van de klimaatverandering te doen inzien, lijkt het illusoir dat de rest van de wereld op korte termijn breed zou kiezen voor moderne hernieuwbare energie. De nieuw te bouwen fossiele centrales zullen bovendien efficiënter zijn (zie bijlage 2) dan de bestaande. Dat verhoogt straks de drempel voor omschakeling naar andere nog vrij dure technieken.
- Het aanbod van wind is niet beheersbaar en het ontbreekt vooralsnog aan adequate goedkope opslagmogelijkheden. De gemiddelde *load factor* voor windenergie bedraagt 20 à 30 procent van de theoretische capaciteit op land, respectievelijk zee. Het aandeel van windenergie in de elektriciteitsopwekking zal vooralsnog maximaal 20 procent kunnen worden (een percentage dat mondiaal de komende decennia sowieso niet haalbaar is) omdat anders de storingsgevoeligheid in het net te groot wordt (zie bijlage 4); dit komt overeen

met 6 tot 7 procent van de primaire energievoorziening. Alleen al om die reden is het mitigatiepotentieel van windenergie beperkt (zie verder bijlage 4).

- Voor wind, en in mindere mate voor moderne biomassa, moet nog goeddeels de infrastructuur worden opgebouwd. Dat zorgt voor extra vertraging. Fossiele energie en kernenergie hebben het voordeel dat alle benodigde infrastructuur en veel kennis en ervaring in de afgelopen eeuw zijn opgebouwd.

Conclusie: het is onwaarschijnlijk dat tijdige emissiereductie haalbaar is door de combinatie van efficiëntieverbetering en de inzet op moderne hernieuwbare energie.

Kan het wel in combinatie met kernenergie?

De tweede stap is de vraag in hoeverre kernenergie kan bijdragen aan het realiseren van een veel sterkere groei van het aandeel van koolstofneutrale energie. Is het denkbaar de doelstelling voor de energiemix te realiseren met een combinatie van moderne hernieuwbare energie en kernenergie? Als gedachte-experiment kan men veronderstellen dat het aandeel van moderne hernieuwbare energie in het mondiaal energiegebruik de komende decennia spectaculair groeit tot 20 procent in 2050 en dat deze groei geheel ten koste zal gaan van het aandeel van fossiele energie. Dit is driemaal het niveau in het Alternatief Scenario van het IEA (tekstbox 4.3). Samen met waterkracht (2,2%) en traditionele biomassa (5,6%) levert dit een aandeel op van 28 procent voor koolstofneutrale energie exclusief kernenergie. Om de sprong naar de vereiste 60 procent koolstofneutrale energie te maken, zou het aandeel kernenergie bijgevolg moeten groeien van de huidige 6,7 procent tot circa 32 procent van een sterk groeiend totaal, in plaats van te dalen naar 4,6 procent. Dat is geen haalbaar aandeel. De gezaghebbende MIT-studie (2003) rekent in een als ambitieus beoordeeld scenario tot 2050 voor kernenergie met een verdrievoudiging van het opgestelde vermogen tot circa 1000 GW. Daarmee zou een aandeel van circa 10 procent van de primaire energie in 2050 worden bereikt, welke groei neerkomt op een extra emissiereductie van circa 0,8 GtC ten opzichte van de huidige wereldwijde energiemix.

Conclusie: de route van efficiëntie in combinatie met koolstofneutrale energie kan een spectaculair sterke groei van het aandeel van kernenergie niet missen. In bovengenoemd gedachte-experiment zou het aandeel van kernenergie moeten groeien tot boven de 30 procent.

Voor een hernieuwde groei van kernenergie – met de veel grotere veiligheid die met de nieuwe generatie kerncentrales mogelijk is geworden – pleit de bijdrage ervan aan emissiereductie en aan energiezekerheid (zie bijlage 6). In dat licht is het inconsequent dat de uitwerking van het Kyoto-protocol kernenergie categorisch afwijst voor inzet bij Joint Implementation (JI) en Clean Development Mechanism (CDM). Tegenover de voordelen staat nog altijd grote behoedzaamheid, zowel omdat de kwestie van het radioactief afval nog niet is opgelost, als vanwege de risico's van proliferatie en internationaal terrorisme. Die risico's worden groter wanneer bij een sterke groei van kernenergie de *once through fuel*

cycle moet worden losgelaten (MIT 2003). Hoe deze afweging van ongelijksoortige argumenten voor Nederland gemaakt moet worden, is een politieke vraag. Opmerkelijk is wel dat de bezwaren tegen kernenergie vooral met grensoverschrijdende externe effecten van doen hebben, zodat Nederland zijn keuzen niet zozeer in eigen land als wel vooral in het buitenland zou moeten verdedigen en uitdragen: het risico van reactorveiligheid is grensoverschrijdend en de risico's van afvalopslag, proliferatie en terrorisme zijn in zich ontwikkelende, vaak instabiele landen gemiddeld groter dan in Nederland. Voor emissiereductie en veiligheid zijn derhalve het Europese en mondiale beleid inzake kernenergie relevant, niet het Nederlandse.

De raad acht het vrijwel uitgesloten dat een groei van kernenergie gerealiseerd zou kunnen worden die het mondiale aandeel in de buurt brengt van de genoemde 30 procent. Daarvoor zijn er te veel obstakels, zoals het huidige beperkte draagvlak voor kernenergie (niet in alle landen), de hoge initiële investeringen en bijgevolg lange terugverdientijd, de geringe bereidheid van private investeerders en ontbrekende kennis, en niet in de laatste plaats de bouwtijd van een centrale.

Conclusie: de voor de 2 °C-doelstelling benodigde emissiereductie is waarschijnlijk evenmin op tijd realiseerbaar door de combinatie van efficiëntieverbetering, moderne hernieuwbare energie en kernenergie.

Een bijdrage van schone fossiele energie

Hiervoor is duidelijk geworden dat het onverantwoord is te veronderstellen dat het gebruik van fossiele energie voldoende kan worden teruggedrongen om de 2 °C-doelstelling van de EU te realiseren. Het gebruik van fossiele energie zou minder hoeven teruglopen indien die energie minder CO_2 zou produceren. De nadruk moet daarbij zoals gezegd liggen bij de elektriciteitsproductie en bij de ontwikkelingslanden. De twee belangrijkste opties voor schonere fossiele energie zijn:

- *Kolen vervangen door gas of andere brandstof* Indien van de door het IEA verwachte nieuwe kolencentrales met een capaciteit van 1400 GW de helft alsnog gascentrale zou worden, dan levert dat een reductie van 0,5 GtC in 2054 op.[29] Deze optie heeft zijn beperkingen. De gasreserves zijn eindig, geïmporteerd gas is doorgaans duurder dan binnenlands gewonnen kolen en de afhankelijkheid van import is ook politiek onaantrekkelijk. In landen als de VS, China, India, Australië, Rusland, Indonesië, Zuid-Afrika en Oekraïne is emissiereductiebeleid bovenal beleid voor schone fossiele energie. Daarnaast zou men het bijmengen van biomassa (bijlage 5) in daarvoor geschikt gemaakte kolencentrales kunnen rekenen tot schonere fossiele energie.
- *Afvang en opslag van CO_2: carbon capture and storage (CCS)* De CO_2 die bij gebruik van fossiele energie onvermijdelijk wordt gevormd, wordt onder de grond opgeborgen, zodat er geen bijdrage meer is aan het broeikaseffect. Via CCS zou in 2030 ongeveer 1,2 GtC, en in 2050 ruim 2 GtC per jaar aan emissiereductie realiseerbaar zijn. Daarmee zou CCS tot 2050 zo'n 30 procent kunnen

bijdragen aan een beoogde halvering van emissies ten opzichte van BAU-ontwikkeling (bijlage 3). De R&D-kosten van CCS zijn gering ten opzichte van de investeringskosten.

Van deze beide opties – die overigens naast elkaar tegelijk benut kunnen worden – is CCS de optie met het grootste potentieel.[30] De belangrijkste reden daarvoor is dat CCS combineerbaar is met vergassingstechnologie (zie hierna) en in die combinatie het onvermijdelijke grootschalige gebruik van kolen CO_2-neutraal kan maken. Toepassing van CCS in combinatie met kolen vraagt extra voorzieningen en brengt extra kosten met zich mee, maar is niettemin relatief goedkoop in vergelijking met vele andere emissiereductieopties. Daarmee wordt aan alle randvoorwaarden van de vorige subparagrafen voldaan: kolen, elektriciteit en (mits in combinatie met CDM – zie het volgende hoofdstuk) ontwikkelingslanden.

Vergassingstechnologie is om meerdere redenen een aantrekkelijke technologie: zij levert een nieuwe en efficiënte techniek voor productie van elektriciteit, baant een weg voor het maken van transportbrandstoffen (FT-diesel of dimethylether, DME) en waterstof (later deze eeuw), en maakt grootschalig gebruik mogelijk van allerlei soorten biomassa (ook houtachtige) voor de productie van elektriciteit en biobrandstoffen.

Behalve de combineerbaarheid met vergassingstechnologie heeft CCS nog twee andere voordelen. Omdat het een *end-of-pipe*-oplossing is, is CCS compatibel met het bestaande energiesysteem. Dat is een belangrijk voordeel ten opzichte van bijvoorbeeld waterstof, dat een uitgebreide nieuwe infrastructuur vereist. Die compatibiliteit maakt het mogelijk CCS relatief snel te implementeren. Om dezelfde reden maakt CCS het mogelijk netto CO_2 uit de atmosfeer te verwijderen, indien het wordt toegepast in combinatie met grootschalige vergassing van biomassa; geen andere emissiereductieoptie biedt die mogelijkheid. Een vroegtijdige ontwikkeling van CCS kan daarmee gezien worden als een vorm van risicoreductie, omdat zij desgewenst de mogelijkheid biedt voor versnelde beperking van CO_2-concentratie.

Het belangrijkste bezwaar van CCS is dat weliswaar met alle afzonderlijke schakels van de technologie ervaring is opgedaan, maar dat er nog geen ervaring is met grootschalige toepassing ervan. Het lijkt verstandig de komende jaren met CCS verdere ervaring op te doen met name bij *Enhanced Oil Recovery* (Senior et al. 2004; Gielen en Podansky 2004; CIAB/IEA 2005), een techniek die zichzelf ook zonder klimaatprobleem terugbetaalt uit de energieopbrengst. Intussen zou men bij het ontwerp van elke nieuwe centrale ruimte moeten laten voor latere toepassing van CCS (vooral bij basiscentrales). Tussen 2015 en 2020 zou men dan kunnen starten met de toepassing van CCS als echte emissiereductiestrategie, aanvankelijk vooral in Noord-Amerika, Australië en delen van Europa; vanaf 2025-2050 ook in landen als India en China.

4.5.6 CONCLUSIE

In de voor het klimaatbeleid zo cruciale periode tot 2040-2050 zal de dominantie van fossiele energie niet kunnen worden doorbroken. De tijd ontbreekt voor een voldoende verbetering van de positie van moderne hernieuwbare energie, a fortiori indien men ervoor kiest het aandeel van kernenergie te laten dalen. Voor het emissiereductietraject dat nodig is voor de 2 °C-doelstelling van de EU (450 ppmv voor CO_2) zijn de ingeschatte perspectieven van efficiëntieverbetering, moderne hernieuwbare energie en kernenergie afzonderlijk en in combinatie tot 2050 onvoldoende. Dat maakt efficiëntieverbetering, biomassa en kernenergie tot 2050 elk onmisbaar. Als men het 450 ppmv-traject niet op voorhand onmogelijk wil maken, kan men beter de doelen van tijdige emissiereductie en van transitie naar een nieuw energiesysteem uit elkaar halen (zie tekstbox 4.6).

Het huidige beleid loopt het risico dat te veel inspanningen gericht worden op efficiëntie en moderne hernieuwbare energie, waarmee tot 2050 veel te weinig resultaat kan worden geboekt. Dat geldt te meer omdat beide routes vooral relevant zijn bij elektriciteit en dus potentiële concurrenten van elkaar zijn. Zo zijn hoge rendementen van fossiele centrales niet goed voor de concurrentiepositie van moderne hernieuwbare energie en heeft de vervanging van gas door hernieuwbare energie überhaupt weinig prioriteit. Het te verwachten hoge aandeel van (schonere) fossiele centrales bij nieuwe investeringen zal voor een forse vertraging zorgen bij de transitie naar koolstofneutrale energie.

Voor de emissiereductie tot 2030 à 2050 is een duidelijke keuze nodig voor de meest veelbelovende route, en voor de meest relevante speerpunten wat betreft energievormen, sectoren en regio's. Samen moeten ze een ombuiging van CO_2-emissies rond 2025 mogelijk maken en daling tot 4,5 GtC in 2050. Zo'n strategie zal voor de eerstkomende decennia in hoofdzaak moeten berusten op de combinatie van energie-efficiëntie en schonere fossiele energie. Speerpunten daarbij zijn het gebruik van kolen en de sector elektriciteit, vooral in opkomende economieën, maar ook bijvoorbeeld in de VS.[30] De eerste zorg geldt efficiënte centrales, bijvoorbeeld door toepassing van vergassingstechnologie, waar mogelijk met ruimte voor (latere) toepassing van CCS. Binnen deze strategie kan ook het aandeel van biomassa geleidelijk worden opgevoerd.

Aan de transitie naar een koolstofneutrale energievoorziening zal men met meer geduld moeten werken. Er is behoefte aan een R&D-strategie die voorwaarden belooft te creëren voor die transitie in een latere fase. Bij die strategie passen toepassingen in niches. Dat wil niet zeggen dat het niet zinvol zou zijn geduldig te werken aan wind- en zonne-energie (en andere vormen zoals getijdenenergie en geothermische energie). Integendeel: alle beetjes helpen. Maar van de resultaten van die inspanningen kan een mondiale emissiereductiestrategie zich beter niet afhankelijk maken.

Tekstbox 4.6 Emissiereductie en transitie

Zowel tijdige emissiereductie als transitie naar een nieuw energiesysteem is nodig, maar als gevolg van de tijdsklem zijn het verschillende doelen die moeten worden onderscheiden.

Onderscheid tussen innovatie en implementatie

De opbouw van een voldoende groot aandeel van koolstofvrije, voldoende solide, betrouwbare en concurrerende alternatieven heeft tijd nodig. Zo deed olie er een eeuw over om te komen van 1 procent van de mondiale primaire energiemix in 1870 tot zijn piek van 46 procent in 1973. In de EU wil men ten onrechte twee vliegen in één klap slaan: toepassing van moderne hernieuwbare energie moet enerzijds tot kostendaling leiden via schaal- en leereffecten en anderzijds tot emissiereductie. Maar een substantiële bijdrage van moderne hernieuwbare energie aan de beoogde emissiereductie vergt grootschalige toepassing, waardoor de kosten bij een jonge technologie snel uit de hand kunnen lopen. De technologie is nog onvoldoende rijp voor brede implementatie. Het lijkt verstandiger onderscheid te maken tussen emissiereductieprogramma's op basis van bewezen en kosteneffectieve technieken enerzijds, en R&D-programma's voor op termijn kosteneffectieve technieken anderzijds. Overheden en bedrijven moeten de R&D-programma's richten op mogelijkheden in en kostendaling op nichemarkten. In de VS maakt men – anders dan in de EU – dit onderscheid wel.

Innovatie en beprijzing van koolstofemissies

Een prijs op CO_2-emissies geeft een prikkel tot energie-efficiëntie en energiebesparing en tot toepassing van al beschikbare koolstofarme technologie. Pas een CO_2-prijs die veel hoger is dan de huidige in de EU, die wereldwijd geldt en die bovendien ook als blijvend gezien wordt, zou een geloofwaardige prikkel vormen voor de diepte-investeringen die nodig zijn voor echt nieuwe technologieën zoals zonne-energie en waterstof. Voor zulke diepte-investeringen is dus vooralsnog een andere benadering nodig dan prijsbeleid, omdat aan de genoemde voorwaarden niet tijdig zal worden voldaan.
Men kan de binnenlandse innovatie prikkelen door emissiereductie in het buitenland aan een plafond te binden, maar ook dat lijkt een kostbare manier. Ook het stellen van een minimumquotum (men moet in jaar X bijvoorbeeld Y% aan moderne hernieuwbare energie doen) heeft nadelen: de markt mag het wel zelf uitzoeken, maar zal de techniek kiezen die op dit moment voordelen heeft, ook als de langetermijnvooruitzichten voor ander alternatief beter zijn. De wijze waarop de EU bijvoorbeeld biomassa voor transport aanpakt, stimuleert wellicht ethanol op basis van graan of suikerriet, maar dat zijn op zich rijpe technieken, zodat er weinig innovatieprikkels zijn. Onduidelijk is bovendien of biomassa voor transport wel zo'n goede strategie is.
Om echt nieuwe technieken te ontwikkelen is R&D nodig, waarvan de eerste fasen vooral een zaak zijn van de overheid. Het lijkt daarom nodig dat de overheid zo specifiek mogelijk aangeeft welke techniek strategisch steun verdient, en voor de 'development' (experimenten, leerervaringen, eerste fase-schaaleffecten) een nichemarkt creëert. Zulk beleid is kansrijker in een internationale samenwerking waarin de nichemarkten niet te klein blijven.

4.6 ROUTE 3: ONTBOSSING, BEBOSSING EN KOOLSTOFOPSLAG OP HET LAND

4.6.1 HET BELANG VAN DE ROUTE

Bossen zijn een opslagplaats van koolstof en vormen het grootste deel van de natuurlijke absorptiecapaciteit uit paragraaf 4.2.2. De ontbossing heeft voor 45 procent bijgedragen aan de toename van CO_2 in de atmosfeer sinds 1850, waarbij de rol daarvan aanvankelijk groter was dan die van fossiele emissies. Het huidige aandeel van ontbossing in de CO_2-emissies bedraagt 20 procent (zie bijlage 7). Wat er wereldwijd met bossen gebeurt, is dus voor het emissiereductiebeleid van evident belang. Tekstbox 4.7 laat zien dat een geringe procentuele verhoging van de jaarlijkse absorptie in hout een belangrijk deel van de CO_2-emissies zou wegnemen. De ontbossing doet zich eigenlijk alleen in de tropen voor. Zeker twee derde van alle ontbossing zou veroorzaakt worden door het omzetten van bosgrond in landbouwgrond. In rijke landen neemt sinds een jaar of veertig het bosareaal juist toe.

Verwacht mag worden dat in een BAU-ontwikkeling de trage maar gestage daling van het ontbossingstempo door zal gaan. De ervaring leert namelijk dat bij een stijgend inkomen per hoofd er in elk land een moment komt waarop men voor laagproductieve landbouw geen bossen meer kapt. De toenemende vraag naar voedsel voor de groeiende wereldbevolking vormt geen wezenlijke barrière voor minder ontbossing en meer herbebossing. De benodigde groei van de landbouwproductie kan zonder extra grond gerealiseerd worden, mits mondiaal een gestage groei van de productie per hectare kan worden gerealiseerd met circa 1,6-1,8 procent per jaar. In bijna alle IPCC-scenario's verwacht men dan ook dat in 2100 de mondiale hoeveelheid bos weer zal toenemen, met mogelijkheden voor bio-energie (zie ook bijlage 5). Als de dalende trend zich in een BAU-ontwikkeling zal doorzetten, zou in 2050 het jaarlijks verlies aan bos de helft zijn van nu (Pacala en Socolow 2004a). De daarmee verbonden emissie zou dan dalen van de huidige 1,1 GtC per jaar tot 0,5 GtC per jaar.

Synergie met ontwikkeling

Omdat grootschalige ontbossing ten behoeve van marginale landbouw van arme boeren verbonden is met onderontwikkeling, is deze emissiereductieroute niet los te zien van het vraagstuk van ontwikkeling: deze route kan alleen slagen als ze hand in hand gaat met bijdragen aan de lokaal-regionale ontwikkeling. De bestaande landbouwgrond moet een hogere opbrengst per hectare genereren, teneinde te voorkomen dat telkens weer akkers gevestigd worden op grond die daar nauwelijks geschikt voor is. Bosbouw kan bijdragen aan lokale werkgelegenheid. Voorts is het voor het slagen van deze emissiereductieroute nodig dat een grotere en stabielere markt voor hout en voor koolstofopslag ontstaat, alsmede duurzame vormen van houtkap, bij voorkeur via plantages.

Synergie en co-benefits

Het koesteren en doen toenemen van bos biedt twee mogelijkheden voor duurzame substitutie van fossiele energie. Ten eerste vervangt hout als constructiemateriaal andere materialen zoals beton, plastics, staal, aluminium enzovoort, voor de fabricage waarvan relatief veel fossiele energie nodig is. Ten tweede zullen hout van plantages en houtafval van onder meer bosbouw de belangrijkste leveranciers zijn voor bio-energie (zie bijlage 5).

Als ontbossing wordt tegengegaan, helpt dat landschappelijke waarden te behouden, alsmede de vele andere ecologische diensten die het tropisch woud vervult.

Tekstbox 4.7 Gevoeligheid van het emissiesaldo voor bosbouw

De jaarlijkse absorptie van koolstof op het land is mondiaal 60 GtC per jaar (bij een totaal reservoir van 600 GtC in vegetatie en 1600 GtC in de bodem). Door herbebossing, verdichten van bos, gebruik van hout in duurzame producten en minder ploegen zou de absorptie verhoogd kunnen worden. Een verhoging van de jaarlijkse absorptie met bijvoorbeeld 2 procent zou een extra jaarlijkse opname van 1,2 GtC opleveren. Dat is 35 procent van de 3,3 GtC die nu jaarlijks in de atmosfeer accumuleert. Om via fossiele emissiereductie een gelijk effect te bereiken zou het niveau van CO_2-emissies mondiaal 35 procent lager moeten komen te liggen.

4.6.2 POTENTIE VAN DE ROUTE

Emissiereductie door natuurlijke koolstofopslag kan langs vier wegen: minder ontbossing, herbebossing, bevordering van hout als materiaal en veranderingen in de akkerbouw. In totaal kan daarmee in 2050 2 à 3 GtC per jaar worden vastgelegd. Tropische bosbouw is een vrij goedkope optie: hij kost tussen 3 en 35 dollar per ton CO_2, exclusief de baten van de houtopbrengst. De vormgeving van het Kyoto-protocol biedt echter geen prikkel om dit potentieel te realiseren, omdat de handel in emissierechten deze vorm van CO_2-reductie uitsluit (overigens niet zonder redenen). De vier wegen van natuurlijke koolstofopslag worden hieronder toegelicht.

(1) Afremmen van ontbossing

Deskundigen achten het mogelijk de vertraging in de ontbossing in een stroomversnelling te brengen, zodanig dat rond 2050 het proces geheel tot staan is gebracht. De emissie zou daardoor in 2050 0,5 GtC per jaar lager uitkomen dan in een BAU-scenario.

(2) Aangroei van bos qua areaal en dichtheid

Het gaat hierbij om herbebossing van kapvlaktes, aanleg van nieuwe bossen op bijvoorbeeld vrijkomende landbouwgrond elders, beter bosbeheer (regeneratie, meer bomen per hectare, minder afval bij houtkap), *agroforestry*, plantages en ruimte voor natuurlijke aanwas. Voor de komende decennia is er nog veel grond die voor weinig anders geschikt is dan voor bos, hetgeen rond 2050 een bijdrage zou kunnen leveren van 1 à 1,5 GtC per jaar.

(3) Andere landbouwpraktijken

Hierbij gaat het vooral om minder traditioneel ploegen, hetgeen rond 2050 een bijdrage zou kunnen leveren van 0,5 à 1 GtC per jaar.

(4) Gebruik van hout als constructiemateriaal

Hout is een hernieuwbaar materiaal waarvan het gebruik een dubbel effect heeft op emissiereductie. Het eerste effect is de directe opslagcapaciteit: hoe meer hout in gebruik is, des te meer koolstof erin is opgeslagen. Het tweede effect komt voort uit de substitutie van andere materialen zoals staal, aluminium en cement, die veel energie-intensiever zijn dan hout. Als de koolstofprijs gaat doorwerken in de prijs van materialen, zal dit van invloed zijn op de materiaalkeuze.

Een eindige route

De bomen groeien niet tot in de hemel. Bomen halen de voor hun groei benodigde koolstof uit de lucht; volgroeide bomen nemen per saldo geen koolstof meer op. Als bomen sterven of gekapt worden komt de opgeslagen koolstof vroeg of laat door vertering of verbranding weer in de atmosfeer terecht. Zolang de opengevallen plaats in het bos weer wordt bezet door nieuwe bomen, blijft uiteindelijk de opgeslagen hoeveelheid koolstof gelijk. Het saldo van ontbossing en herbebossing bepaalt dus de bijdrage aan de koolstofbalans. Op een gegeven moment is er geen ruimte meer voor nog meer bos.

De eindigheid onderscheidt deze route van andere routes: bij andere routes zoals bijvoorbeeld windenergie stabiliseert de potentie op een maximale waarde, bij herbebossing nadert de jaarlijkse gesaldeerde bijdrage bij verzadiging tot nul. Opslag via natuurlijke opname is dus alleen bruikbaar als tijdelijk traject, in afwachting van de rijping van nieuwe technologieën. Bovendien blijft de geleverde emissiereductiebijdrage alleen behouden zolang de bosbestemming niet veranderd wordt. Wanneer hout als constructiemateriaal gebruikt wordt, wordt de eindigheid verder naar de toekomst opgeschoven.

4.6.3 CONCLUSIE

Als de opslag van koolstof op land wordt bevorderd door ontbossing tegen te gaan, als gezorgd wordt voor nieuw bos en als *no till*-agriculture en gebruik van hout als constructiemateriaal bevorderd worden, heeft dat tijdelijk een geschat potentieel dat kan oplopen tot 2 à 3 GtC per jaar, ofwel een kwart tot een derde van de gevraagde emissiereductie tot 2050. Deze emissiereductieroute is bij uitstek bruikbaar in de eerstkomende decennia om een belangrijke bijdrage te leveren aan de vereiste ombuiging van CO_2-emissies, omdat hij weinig tot geen technologische innovatie vergt. Maar bij succesvol beleid zal het emissiereductiepotentieel van deze route niet lang na 2050 onvermijdelijk verbruikt zijn en zal de emissiereductierol moeten worden overgenomen door andere technieken. Gebruik van deze route creëert dus ontwikkeltijd voor andere technieken.

4.7 ROUTE 4: DE EMISSIEREDUCTIE VAN DE OBG'S: HET VOORBEELD METHAAN

4.7.1 HET BELANG VAN DE ROUTE

Methaan heeft met 65 procent veruit het grootste aandeel in de OBG's (1,8 GtC-eq). Lachgas (N_2O) is een goede tweede met 32 procent (0,9 GtC-equivalenten). De methaanconcentratie in de atmosfeer is de laatste eeuwen meer dan verdubbeld, van 700 ppbv in 1750 tot 1750 ppbv in 2000, doordat de absorptie in *sinks* de emissie (die voor zo'n 60% antropogeen is) niet kon bijhouden (COM (96): 557). Sinds een aantal jaren lijkt die toename van de concentratie tot stilstand te zijn gekomen. Juist de reductie van methaan neemt in het huidige Nederlandse emissiereductiebeleid ten aanzien van de OBG's een strategische plek in (zie hoofdstuk 2). Methaan heeft een relatief korte verblijftijd in de atmosfeer, maar een sterk opwarmingseffect (zie tekstbox 4.1). Om de volgende drie redenen is met name methaan onder de OBG's van strategisch belang (voor meer informatie over deze route zie bijlage 8).

De eerste reden voor het belang van methaan ligt in het sterke opwarmingseffect in combinatie met de korte verblijfsduur. Maatregelen gericht op methaan hebben op relatief korte termijn hun effect, waardoor risicoreductie mogelijk is. Zulke maatregelen scheppen tijd voor enerzijds meer onderzoek naar het klimaatsysteem en anderzijds naar technieken die de energievoorziening op termijn emissievrij maken. Een belangrijk deel van de methaan komt vrij door onvolledige afbraak van biologisch materiaal. Energieopwekking uit methaan zou zelfs in principe ooit CO_2 kunnen absorberen, namelijk door het gebruik van biomassa in centrales te combineren met CCS. Net als bij bosbouw kan het kortetermijneffect als voordeel gebruikt worden in plaats van als nadeel op de koop toe genomen.

Daarnaast is methaanreductie van belang, omdat daarmee net als bij bosbouw ontwikkelingslanden bij het mondiale klimaatbeleid betrokken kunnen worden. Zo is in India en Brazilië het huidig aandeel van OBG's groter dan dat van CO_2 (Reilly et al. 2004). Gecontroleerd geproduceerde methaan kan in lokale gemeenschappen gebruikt worden voor de plaatselijke energievoorziening, zowel voor warmte als voor elektriciteit. Daardoor ontstaat een emissiereductie met een economische opbrengst, los van klimaatontwikkelingen, en doet zich bovendien de mogelijkheid voor toxische emissies te beperken.

De derde en laatste reden voor het belang van methaan ligt in het nieuwe van deze route en de verhouding tot CO_2. Voor de reductie van OBG's bestaat pas sinds het Kyoto-protocol een prikkel, en dan nog alleen in de Annex I-landen. Daardoor zijn de meeste mogelijkheden nog onbenut gebleven: er is nog veel 'laag hangend fruit' dat kan worden geplukt tegen lage kosten of zelfs met economische opbrengsten. Daarentegen is er bij verbranding van fossiele brandstoffen al decennia een sterke schaarsteprikkel tot kostenbesparing en spaarzaamheid.

Ook al zijn er nog eindeloze mogelijkheden voor energiebesparing, het echte laag hangend fruit is daar geplukt. In de emissiereductiedoelstelling vormt methaan een direct communicerend vat met de reductie van CO_2. Meer van het een impliceert minder van het ander.

4.7.2 POTENTIE VAN DE ROUTE

De sterke broeikaswerking van methaan maakt emissiereductie effectief. Elke kilo vermeden methaanemissie is op een termijn van honderd jaar equivalent met 23 kilo CO_2. Antropogene methaanemissies hebben in belangrijke mate te maken met lekkende pijpleidingen (de helft van de emissie komt uit de voormalige USSR), rottend afval, enzovoort. Voor zulke emissies zijn relatief gemakkelijk oplossingen te organiseren. CO_2 daarentegen is een onvermijdelijk resultaat van verbrandingsprocessen. Methaanemissies zouden bij veel van de bronnen met 20-40 procent verminderd kunnen worden tegen relatief lage kosten, met name door transfer van *best practice*-technologie en van expertise, in het bijzonder bij vuilstort en bij de verwerking van zuiveringsslib.

Emissies uit de energieproductie en energietransport (gas, olie, kolen) zijn met de huidige technologie met 80 procent te verminderen, voor zeker de helft met maatregelen waar de industrie financieel beter van wordt. Er zijn positieve neveneffecten in de vorm van meer veiligheid door minder explosiegevaar (mijnbouw), modernisering van de productiesystemen en energieopbrengst uit afgevangen methaan. In de kolenindustrie kan 50-70 procent van de methaan worden opgevangen.

Door ontbossing tegen te gaan (zie paragraaf 4.6) wordt ook de methaanemissie door onvolledige verbranding van biomassa tegengegaan. Dat komt vooral voor bij (a) de destructie van bosgebieden voor exportgewassen en voor verstedelijking en (b) bij het verbranden van landbouwafval en van hout voor verwarming, koken en houtskoolproductie.

De antropogene methaanemissie uit de landbouw (circa 50% van de emissie) is lastiger te verminderen. Het vergt sleutelen aan voer en spijsvertering van herkauwers en aan de techniek van de natte rijstbouw. Toch kan ook hier tegen relatief lage kosten het nodige bereikt worden.

Gezien het bovenstaande is men in diverse studies tot de conclusie gekomen dat een kosteneffectieve emissiereductiestrategie in de eerstvolgende decennia moet berusten op een hoog aandeel voor de OBG's, vanwege de relatief lage marginale reductiekosten, en in belangrijke mate gebruikmakend van 'beste bestaande praktijken'. Al met al lijken op dit moment de mogelijkheden voor voldoende kosteneffectieve methaanemissiereductie tot 2050 op 35-45 procent van de huidige emissie geschat te kunnen worden, wat overeenkomt met een reductie van 1 GtC per jaar in 2050. Ook het CPB (Kets en Verweij 2005) concludeerde onlangs dat voldoende aandacht voor kosteneffectieve reductie van OBG's de kosten van

klimaatbeleid flink kan verlagen. Ook kan zo de sectorale spreiding van de kosten van emissiereductie breder worden. Zo emitteert landbouw relatief weinig CO_2, maar naar verhouding des te meer methaan en N_2O. Overigens zou een prijs voor koolstof die ook van toepassing is op de OBG's een sterke prikkel tot emissiereductie betekenen, omdat reductie van OBG's relatief goedkoop is.

De industriële OBG's (vooral N_2O) lenen zich goed voor een mondiale overeenkomst, omdat de problematiek betrekkelijk overzichtelijk is: er zijn veel minder landen bij betrokken dan bij CO_2, omdat industriële OBG's nog nauwelijks in de ontwikkelingslanden worden geëmitteerd (Reilly et al. 2004). Het Montreal-verdrag over ozon (zie hoofdstuk 5) kan hier als voorbeeld dienen voor effectief beleid.

4.7.3 CONCLUSIE

Belang en mogelijkheden van de emissiereductie van de overige broeikasgassen verdienen mondiaal meer aandacht, zowel om redenen van extra risicoreductie als van kosteneffectiviteit van het emissiereductiebeleid. Daar komt bij dat over beperking van de verschillende OBG-emissies naar verhouding wat makkelijker mondiale consensus te bereiken lijkt dan bij CO_2, omdat OBG-emissiereductie voor ontwikkelingslanden veel minder bedreigend is dan CO_2-emissiereductie. OBG-emissiereductie zal immers veel minder de economische groei aantasten dan CO_2-emissiereductie.

Een sterke reductie van de methaanemissies lijkt relatief goedkoop en redelijk snel realiseerbaar te zijn, dus nog in de periode tot 2050. Voor een belangrijk deel gaat het om meer zorgvuldigheid in de afvalsector (vuilstort, riool- en zuiveringsslib) en in pijpleidingen en mijnen. Dit deel van het emissiereductiebeleid vergt weinig technologie of innovatie, is derhalve relatief snel realiseerbaar en is relatief goedkoop, ten dele zelfs rendabel. Dat wil overigens niet zeggen dat implementatie in ontwikkelingslanden ook snel gerealiseerd zal zijn. Een deel van de emissie is typisch het gevolg van onderontwikkeling (onvolledige verbranding door *slash and burn* van bossen, door gebruik van hout in primitieve stoven enzovoort). De antropogene methaanemissie die uit de landbouw komt is lastiger te verminderen. Op dit moment lijken de kosteneffectieve mogelijkheden 35-45 procent van de huidige emissie te bedragen, ofwel een reductie van 1 GtC per jaar in 2050.

4.8 EMISSIEREDUCTIESTRATEGIE TOT 2050

Om de 2 °C-doelstelling van de EU te realiseren, zouden de mondiale CO_2-emissies in 2050 nog slechts zo'n 4 GtC per jaar mogen zijn. Dat vraagt een reductie van 10 à 11 GtC per jaar ten opzichte van het BAU-pad. Op basis van het voorgaande en de bijlagen 2 tot en met 8 kan worden geconcludeerd dat dit in beginsel mogelijk is, maar dat daarvoor wel de nodige wonderen moeten gebeuren. Alle vier de hiervoor aangegeven routes zijn daarvoor benodigd, maar dat betekent

niet dat geen keuzen hoeven worden gemaakt: bij moderne hernieuwbare energie zou het accent moeten liggen op biomassa; ook het behoud of de groei van het aandeel van kernenergie vraagt een keuze. Hierna wordt eerst een mondiaal en daarna een Nederlands perspectief geschetst.

4.8.1 SCHETS VAN EEN MONDIALE STRATEGIE

Uit de voorgaande paragrafen is duidelijk geworden dat de energiesector, en zeker de elektriciteitssector, op zichzelf te weinig emissiereductiepotentie biedt om zonder gebruik van kernenergie de EU-doelstelling te realiseren en dat ook realisering met kernenergie nog steeds de nodige wonderen vergt. Tabel 4.7 laat zien dat perspectiefvol emissiereductiebeleid voor de eerstkomende decennia moet berusten op de combinatie van energie-efficiëntie, CCS (in combinatie met kolen en gas), bio-energie (op termijn in combinatie met CCS), opslag van CO_2 in bossen en bodem door fotosynthese, emissiereductie van OBG's (vooral methaan) en ten slotte een restgroep die vooral windenergie en kernenergie, maar daarnaast ook zonne-energie, geothermische energie en getijdenenergie omvat. De hoeveelheden in de tabel worden niet spontaan gerealiseerd, maar vragen intensief beleid. Weliswaar is er enige reserve (circa 10%) ten opzichte van de doelstelling tot 2050, maar daaruit mag niet worden geconcludeerd dat sommige opties bij voorbaat kunnen worden afgestreept. Elk van de routes heeft zijn eigen obstakels, die een volledige realisatie van het potentieel in de weg staan. De tabel wordt hierna toegelicht.

Tabel 4.7 Emissiereductiepotentieel in 2050 (in GtC per jaar ten opzichte van BAU-ontwikkeling)

	Potentieel	Route
Beleidsintensivering ten aanzien van energie-efficiëntie	3,4	Efficiëntie
CCS	2,1	Energiemix
Bio-energie	1,9	Energiemix
Extra opslag via fotosynthese	2,0	Bosbouw
Reductie methaan	1,0	OBG
Diversen	1,8	Energiemix
Totaal	12,2	

Bron: WRR

Beleidsintensivering ten aanzien van energie-efficiëntie

Beleidsintensivering ten aanzien van energie-efficiëntie heeft met 3,4 GtC per jaar in 2050 ten opzichte van een BAU-situatie waarschijnlijk het grootste potentieel en is cruciaal. Er lijkt een mondiale afname van energie-intensiteit met ruim 2 procent per jaar mogelijk; zonder zo'n beleid wordt een afname met 1,3 procent verwacht. Deze emissiereductieroute is de enige die het hele spectrum van toepassing van fossiele energie dekt, en dus ook buiten elektriciteitssector zeer

relevant kan zijn. Verbetering van de energie-efficiëntie moet ertoe leiden dat de band tussen economische groei en groeiende energieconsumptie doorbroken wordt. Een groot deel van de verbetering van de energie-efficiëntie kan gerealiseerd worden buiten de sector elektriciteit, namelijk in gebouwen en woningen, in de industrie en bij voertuigen. Alleen al de verdubbeling van de efficiëntie in voertuigen geeft ongeveer 1 GtC per jaar reductie in 2050 ten opzichte van BAU-ontwikkeling.

Verbetering van de energie-efficiëntie is, behalve vanwege het potentieel, ook om andere redenen belangrijk. Zij is een van de meest kosteneffectieve opties. Zij vermindert de problematiek van energiezekerheid en externe energieafhankelijkheid (evenzeer als een in omvang gelijkwaardig potentieel aan hernieuwbare energie zou doen). En ten slotte verlagen efficiëntere voertuigen en apparaten de drempels voor het toepassen van wat duurdere elektriciteitsproductie op basis van toepassing van CCS of op basis van hernieuwbare energie: het energieverbruik maakt dan immers een kleiner deel uit van de gebruikskosten.

Er is eigenlijk maar één probleem met deze emissiereductieroute: ze bestaat uit een baaierd van de meest uiteenlopende maatregelen, die elk voor zich weinig overhoop halen, terwijl bovendien het tempo van toepassing lastig te regisseren is. Voor een snelle verbetering van het mondiaal gemiddelde is het van belang te letten op vervangings- en uitbreidingsinvesteringen, en vooral te werken in landen waar de efficiëntie nu nog zeer te wensen overlaat: opkomende economieën met een hoge groei.

Behalve in het eindverbruik kan een grote efficiëntieslag in de elektriciteitsproductie in 2050 ten opzichte van het BAU-scenario zo'n 1 GtC per jaar opleveren. Naarmate centrales efficiënter worden, zal de drempel voor elektriciteitsproductie op basis van zonne-energie en windenergie in de elektriciteitsproductie hoger worden en de prijsstijging ten gevolge van toepassing van CCS lager. Bovendien kunnen bij toepassing van de vergassingstechnologie energie-efficiëntie in elektriciteitsproductie en relatief goedkope CCS goed samengaan.

Bio-energie

Biomassa is goed integreerbaar in het bestaande energiesysteem, vooral nu ook de toepassing van houthoudende biomassa mogelijk wordt, dankzij onder meer de vergassingstechnologie. Met deze emissiereductieroute kan behalve in de sector elektriciteit (met zon, wind en kernenergie als concurrent) ook resultaat worden behaald in de sector transport. Met cellulosehoudende biomassa (tweede generatie-biomassa) is niet alleen per eenheid energie een veel sterkere reductie van de koolstofuitstoot mogelijk, maar is er ook veel minder potentiële concurrentie met de wereldvoedselproductie.

Technische ontwikkelingen lijken de bio-elektriciteitsopwekking in 5 à 10 jaar en biobrandstoffen in 10 à 15 jaar concurrerend te maken in veel gebieden in de wereld, mede onder invloed van de ontwikkeling van de olieprijs. Technologische

ontwikkeling in aanvoerketens over grote afstanden kan de concurrentiekracht van bio-energie verder verhogen (Faaij 2005). Het aandeel van biomassa in het doorgroeiend mondiaal primair energiegebruik kan de komende decennia geleidelijk oplopen van de huidige 11 procent tot 20 à 30 procent. Zou het aandeel uitkomen op 20 procent, en zou die extra toename van 9 procent geheel ten koste gaan van fossiele energie, dan zou het aandeel van fossiele energie dalen van 82 procent in een BAU-ontwikkeling (met een koolstofemissie in 2050 van 14 GtC) naar 73 procent, met een koolstofemissie van 12,1 GtC. Dit levert de 1,9 GtC op in tabel 4.7.

Een dergelijk potentieel tot 2050 maakt dat deze emissiereductieroute in principe een relevante bijdrage aan de energiezekerheid kan leveren, en samen met de combinatie van fossiele energie en CCS de ruggengraat zou kunnen gaan vormen van een nieuw energiesysteem met veel meer energiezekerheid, relatief lage kosten en lage CO_2-emissie.

De relevantie voor ontwikkelingslanden kan groot zijn. Plantages worden vooral in de tropen belangrijk, omdat de opbrengst veel hoger is dan van gewone bossen. Daar komt bij dat grote delen in de tropen niet geschikt zijn voor landbouw, maar wel voor bos (Faaij 2005). Biomassa biedt ontwikkelingslanden perspectief op (a) minder afhankelijkheid van import van fossiele brandstof, (b) export van biobenzine en biodiesel, (c) zicht op kleinschalige vormen van energievoorziening en (d) economische impulsen op het platteland.

De combinatie van biomassa en CCS biedt de mogelijkheid desgewenst in de toekomst CO_2 aan de atmosfeer te onttrekken. Hoewel dat vooralsnog duur is, biedt deze optie van de technologie risicoreductie. Cruciaal voor de toepassing van bio-energie is voldoende groei van de voedselproductiviteit.

CCS

CCS (Carbon Capture and Storage) kan qua potentieel al in de eerste helft van de 21ste eeuw een belangrijke rol spelen. Omdat CCS hoofdzakelijk toepasbaar is in de elektriciteitssector is het maximumpotentieel in 2050 4 à 5 GtC. Maar dat maximum zal niet gehaald worden, want daarvoor zouden *alle* fossiele centrales in 2050 moeten zijn toegerust met CCS, en dat lukt uiteraard niet op zo'n korte termijn. Volgens het IEA zou in 2030 met CCS een emissiereductie van ongeveer 1,2 GtC per jaar, en in 2050 2,1 GtC per jaar realiseerbaar zijn. Daardoor zou CCS een aandeel van 25 à 30 procent kunnen hebben in de beoogde halvering van de emissies ten opzichte van een BAU-scenario. De piek van de toepassing zou vallen in de tweede helft van deze eeuw. Daarna lijkt de beurt aan koolstofneutrale alternatieven. Gerekend over de gehele periode tot 2100 zou 30 à 40 procent van alle emissiereductie ten opzichte van een BAU-ontwikkeling via CCS gerealiseerd kunnen worden (Dooley 2004; IEA 2004b).

Dit perspectief is gebaseerd op een start met CCS rond 2020. Daartoe zouden vanaf heden bij het bouwen van centrales zo veel mogelijk voorzieningen getrof-

fen moeten worden die het mogelijk maken om te zijner tijd CCS toe te passen. Concreet: om 1 GtC per jaar te kunnen reduceren via CCS zou men CCS moeten toepassen bij 800 GW aan kolencentrales, of bij 1600 GW aan aardgascentrales.[31]

CCS is naar alle waarschijnlijkheid essentieel om de kosten van emissiereductiebeleid in de komende decennia binnen de perken te houden. Het is weliswaar niet goedkoop (onder andere ten gevolge van de extra energie die afvang en opslag kost), maar de combinatie van kolen met CCS levert aanmerkelijk goedkopere emissiereductie dan de meeste hernieuwbare energietechnieken.

CCS is een *end-of-pipe*-techniek. Dat heeft het voordeel dat CCS goed inpasbaar is in het bestaande energiesysteem. Ook kan CCS de exploitatie van kolen, die om redenen van energiezekerheid onvermijdelijk is, klimaatneutraal maken. De kolen zijn ook een goedkope leverancier van de voor CCS extra benodigde energie. Bovendien maakt ze gebruik van vergassingstechnologie, die voor CCS wenselijk is, het energiesysteem meer flexibel wat de te produceren energiedragers betreft (schone diesels, waterstof, biobrandstoffen). En ten slotte biedt CCS zoals gezegd in combinatie met biomassa de mogelijkheid actief koolstof aan de atmosfeer te onttrekken. Deze voordelen wegen ruimschoots op tegen de vaak geopperde bezwaren tegen *end-of-pipe*-technieken (niet structureel, niet duurzaam, gericht op behoud van het bestaande systeem).

Extra opslag van koolstof door fotosynthese
Paragraaf 4.6 liet zien dat opslag door fotosynthese een verzameling is van een viertal emissiereductieactiviteiten, namelijk ontbossing tegengaan, nieuw bos planten, hout als constructiemateriaal gebruiken en akkerbouw zonder ploegen bevorderen. Dat kan allemaal onmiddellijk, kosteneffectief en vrijwel zonder technologische innovatie. Tabel 4.7 laat zien dat in 2050 2 GtC per jaar haalbaar is. Maar het is wel een tijdelijke emissiereductieroute aangezien alleen nettovermeerdering van biomassa bijdraagt.

De vernietiging van lokale hulpbronnen in de vorm van onduurzame houtkap en onduurzame landbouw kan met actief bosbeleid worden voorkomen. Voorwaarden zijn wel een hogere opbrengst per hectare voor de bestaande landbouwgrond, alsook een grotere en stabielere markt voor hout en voor koolstofopslag. Bosbouw kan bijdragen aan lokale werkgelegenheid.

Reductie van OBG's, in het bijzonder van methaan
Van de OBG's is op mondiale schaal vooral methaan relevant. Methaan heeft een veel sterker broeikaseffect dan CO_2 en kan gebruikt worden als schone brandstof wanneer het gecontroleerd wordt geproduceerd. Methaanemissies zouden bij veel van de bronnen met 20-40 procent verminderd kunnen worden tegen relatief lage kosten, door transfer van expertise en van *best practice*-technologie. Met name belangrijk zijn de volgende categorieën:

- Vuilstort en zuiveringslib, met een huidig aandeel in de methaanemissie van 20 procent. Deze emissiebron groeit sterk in de komende decennia in ontwik-

kelingslanden door de snelle verstedelijking. De aanpak ervan heeft positieve neveneffecten (betere leefkwaliteit, energieopbrengst).

- Lekkage bij productie en transport van energie (gas, olie en kolen). De helft van de emissie komt uit de voormalige USSR. Ook hier zijn positieve neveneffecten (veiligheid, modernisering, energieopbrengst).
- De onvolledige verbranding van biomassa, vooral bij (a) de destructie van bosgebieden voor exportgewassen en voor verstedelijking, en (b) verbranding van landbouwafval en van hout voor verwarming, koken en voor houtskoolproductie.

Diversen

Enige extra emissiereductie is voorts mogelijk door middel van (a) substitutie van vooral kolen door gas; (b) windenergie (gemiddeld relatief duur, met een maximaal potentieel van 15 à 20 procent van de uitstoot van koolstof in de sector elektriciteit, 1 GtC en (c) meer gebruik van kernenergie, volgens het MIT-scenario 0,8 GtC.

4.8.2 MONDIALE VERSUS NEDERLANDSE STRATEGIE

Het materiaal in dit hoofdstuk biedt ook stof tot reflectie op het Nederlands klimaatbeleid en de inbreng van ons land in het internationale overleg in Brussel en wereldwijd. Om te bepalen wat zinnige speerpunten zijn in het Nederlandse emissiereductiebeleid kan men, gezien het mondiale karakter van het klimaatprobleem, het beste uitgaan van mondiale prioriteiten en daar geschikte Nederlandse mogelijkheden bij zoeken. Het gaat hier niet primair om aspecten van internationale verdeling van verantwoordelijkheden (die komen in hoofdstuk 5 aan de orde), maar om een effectieve bijdrage aan de probleemoplossing in technische zin.

De probleemoplossing moet centraal staan, niet het schoonvegen van het eigen straatje. Goedkope emissiereductieopties zijn voorhanden in zich ontwikkelende economieën en daar kan per euro besteding dus (veel) meer bereikt worden dan hier. Op korte termijn is technologiediffusie belangrijk, op lange termijn de ontwikkeling van nieuwe technologie.

De in de afgelopen periode gehanteerde vuistregel van een 50/50-verdeling van maatregelen in eigen land versus maatregelen elders verleidt tot onnodig dure maatregelen die per euro weinig emissiereductie opleveren en tot een aanpak die vanuit mondiaal perspectief tweede keus is. De vuistregel appelleert weliswaar op het eerste gezicht aan het aspect van verantwoordelijkheidsbesef en de wenselijkheid van technologieontwikkeling, maar beide argumentaties snijden bij nadere beschouwing geen hout. Verantwoordelijkheidsbesef vereist namelijk allereerst een zo groot mogelijke effectiviteit van de geleverde inspanning. Het argument van de technologieontwikkeling snijdt geen hout, omdat technologieontwikkeling voor de Nederlandse markt niet de technologieën levert die mondiaal straks interessant zijn. Mondiaal interessante technologieën richten zich

eerder op toepassingen in opkomende economieën, in dit geval CCS, vergassing, bosbouw, methaanreductie en kernenergie, dan op bijvoorbeeld windenergie. De 50/50-regel zet het Nederlandse beleid dus op het verkeerde spoor.

De raad adviseert een structureel onderscheid te maken tussen de implementatie van emissiereductiemaatregelen en transitie naar een nieuw energiesysteem. Implementatie moet nu, met de beschikbare technologie op de plaatsen waar dat goedkoop kan. De transitie naar koolstofneutrale energie vraagt meer geduld, zoals is gesteld in paragraaf 4.5 en tekstbox 4.6.

Voor zijn klimaatbeleid kan Nederland niet alleen geld, maar ook eigen specialisaties, kennis en infrastructuur aanwenden. Onze ervaring met gas, met staal- en petrochemie, alsook het haven-industrieel-complex van Rotterdam kunnen worden gebruikt om bij te dragen aan mondiale efficiëntiebevordering in energie-intensieve sectoren, gastechnologie, vergassingstechnologie, aanvoer en overslag van biomassa en ten slotte aan de ontwikkeling van biopetrochemie.

4.9 CONCLUSIE

De 2 °C-doelstelling van de EU is realiseerbaar wanneer aan de volgende voorwaarden zou worden voldaan:

- De mondiale coördinatie verloopt soepel en de Europese preferenties over de kosteneffectiviteit van emissiereductieopties worden ofwel mondiaal gedeeld, ofwel via (financiële) overdrachten mondiaal geaccepteerd. Het volgende hoofdstuk zal op die vraag ingaan.
- Tot circa 2050 worden de nu beschikbare technologieën voortvarend toegepast, vooral in opkomende economieën.
- Na 2050 zijn de nu nog niet beschikbare nieuwe technologieën ontwikkeld die het energiesysteem verregaand emissievrij maken.

De twee laatste voorwaarden worden hierna toegelicht.

De eerste helft van deze eeuw is een voor emissiereductie cruciale periode. Te meer omdat het waarschijnlijk de laatste periode van sterke economische groei is (met een inhaalslag van ontwikkelingslanden en de periode waarin de wereldbevolking vermoedelijk zijn piek gaat bereiken).

Voor de 2 °C-doelstelling zou de mondiale emissie in 2050 nog slechts circa 4 GtC per jaar mogen bedragen, in plaats van de 14 à 15 GtC in een BAU-scenario. De huidige emissiestijging zou tussen 2020 en 2030 moeten worden omgezet in een daling. De nu beschikbare duurzame energieopties zijn vooral toepasbaar voor elektriciteit. Daardoor zijn ze niet of nauwelijks relevant voor twee derde van de fossiele CO_2-emissies. De vraag naar energie zal vooral in opkomende economieën zeer sterk groeien. Die energievraag zal naar alle waarschijnlijkheid leiden tot (nog meer) exploitatie van sterk vervuilende kolenvoorraden, aangezien energiezekerheid een hogere prioriteit zal hebben dan klimaat. Het is dus essentieel

dat klimaatbeleid compatibel is met kolenexploitatie en dat ook emissiereductieroutes gebruikt worden buiten de elektriciteitsproductie.

De dominantie van fossiele energie zal in de periode tot 2050 nog niet kunnen worden doorbroken. Voor een verlaging van het aandeel van fossiele energie moeten koolstofvrije energiebronnen (veel) harder in omvang groeien dan de groei van het energiegebruik. Het aandeel van fossiele energie in de totale energiemix bedraagt nu 80 procent; dat zal alleen met de grootste moeite in de buurt van de 70 procent kunnen komen. Noch windenergie, noch kernenergie zal de energiemix beslissend kunnen beïnvloeden.

Alleen al de tijdvertraging die samenhangt met de levensduur van investeringen in energiecentrales maakt het onwaarschijnlijk dat grote verschuivingen in de energiemix zullen optreden. Duurzame energievormen zijn onvoldoende snel inzetbaar als ze niet gemakkelijk inpasbaar zijn in het bestaande energiesysteem, bijvoorbeeld doordat ze nieuwe eisen stellen aan de infrastructuur. Anderzijds zal de groei van de energievraag voor een sterke investeringsimpuls op betrekkelijk korte termijn zorgen. Het komt er dan op aan te zorgen dat die nieuwe centrales in elk geval *state of the art* zijn naar de huidige technologie en opties openlaten voor nog te ontwikkelen technologie, met name CCS. Omdat veel emissiereductie zal moeten plaatsvinden via investeringen in opkomende economieën met andere preferenties dan de Europese, zullen hoge eisen worden gesteld aan de kosteneffectiviteit van emissiereductie.

Tot 2050 zou de benodigde emissiebeperking ten opzichte van het BAU-scenario (10 à 11 GtC) in hoofdzaak moeten komen uit vier bronnen die samen voldoende technisch potentieel hebben, wat niet hetzelfde is als realiseerbaar potentieel. Deze bronnen zijn beleidsmatige versnelling van de verbetering van de energie-efficiëntie (3,4 GtC), bio-energie (1,9 GtC), CCS in combinatie met vergassingstechnologie (2,1 GtC), bosbeleid (2GtC) en de reductie van methaanemissie. Daarnaast kunnen ook overige bronnen zoals kernenergie en windenergie een bijdrage leveren (1,8 GtC). Geen van de genoemde bronnen heeft voldoende potentieel om op zichzelf de gevraagde emissiereductie te realiseren. Sommige bronnen zijn slechts tijdelijk inzetbaar vanwege verzadigingseffecten (bosbeleid, methaan) of vanwege beperkingen in grondstoffen (mogelijk kernenergie).

Vanaf 2050 moeten nieuwe technologieën zijn ontwikkeld om het energiesysteem in hoge mate emissievrij te maken. Sleutelsector daarbij is naast elektriciteit ook het transport. Het transportsysteem is nu nog nagenoeg geheel afhankelijk van fossiele energie. De transitie naar een nieuw energiesysteem zal grote R&D-inspanningen vragen. Het 50/50-beleid van de Nederlandse regering voor de verdeling van binnenlandse en buitenlandse emissiereductie, en portefeuillebeleid meer in het algemeen, zal die R&D-inspanningen niet genereren, maar eerder leiden tot grootschalige implementatie van onvoldoende rijpe technologie en tot inefficiënte emissiereductie. De raad meent dat een duidelijk onderscheid moet worden gemaakt tussen implementatie en transitie. R&D-inspanningen

moeten zich richten op wetenschappelijk onderzoek en toepassingen in nichemarkten. Pas bij voldoende rijpheid is diffusie aan de orde.

Overigens is het allerminst zeker dat de benodigde technologieën voor de tweede helft van deze eeuw ook daadwerkelijk tijdig en voldoende kosteneffectief beschikbaar zullen komen. Juist die onzekerheid ondermijnt de internationale bereidheid tot *commitments* op de lange termijn. Daarover gaat het volgende hoofdstuk.

NOTEN

1 Het IPCC laat bij deze berekening de opslag van koolstof in hout gebruikt als materiaal buiten beschouwing.

2 De cijfers zijn indicatief omdat onzekerheid bestaat over de omvang en capaciteit van de *sinks*. De oceanen hebben nu 30 procent opgeslagen van alle antropogene emissies CO_2. Het gevolg is verzuring, hetgeen op den duur het maritieme leven zal beïnvloeden. Een groot deel van het diepe water is nog niet beïnvloed. Pacala en Socolow (2004) schatten dat de opname in oceanen kan stijgen tot bijna 4 GtC per jaar in 2050. Cumulatief zou dit 180 GtC zijn, met een enorme onzekerheid (+/–72 GtC). Vanaf het moment dat de accumulatie stopt en de atmosferische concentratie weer stabiel is, verdwijnt geleidelijk uiteindelijk 85-90 procent van de in de atmosfeer geaccumuleerde CO_2 door opname in oceanen. Absorptie door fotosynthese is alleen relevant voor zover CO_2 een groeibelemmerende factor is. Bij een hogere temperatuur kan ook meer ontbinding van biomassa en uitdroging in de tropen tot minder fotosynthese leiden.

3 Onderzoek Hadley Centre (Jones et al. 2005). Het IPCC heeft deze interactie van klimaatverandering en absorptieprocessen tot nog toe in zijn scenario's niet meegenomen, en is dus wat dat betreft wellicht te optimistisch geweest.

4 In BAU neemt de concentratie van de OBG in de atmosfeer toe tot 180 ppmv CO_2-equivalenten in 2100 (IPCC). Daar komt bij dat de emissies van methaan – veruit het belangrijkste deel van OBG – slechts voor 60 procent van antropogene oorsprong is en de rest zich niet of nauwelijks laat reduceren.
In het Hoofdrapport van het CE voor de Tweede Kamer is sprake van 450 ppm broeikasgassen, dat moet zijn 550 ppm. Vgl. p. 38 en p. 141-42 in het CE-Achtergrondrapport.

5 Hoe later de omslag en/of het uiteindelijk evenwichtspunt bereikt wordt, des te groter zijn de klimaateffecten. Wordt de omslag niet bereikt, dan leidt emissiereductie slechts tot vertraging in de stijging van de temperatuur en het tempo van klimaatverandering. Vertraging is niet zinloos: in de loop der jaren wordt emissiereductie gemakkelijker, in die zin dat men meer kennis en technieken kan verwachten, en wordt de BBP-groei waarschijnlijk lager.
Wanneer 550 ppmv acceptabel is, zouden tegen 2050 de CO_2-emissies nog 60 procent boven het peil van 1990 kunnen liggen (een reductie van 10% ten opzichte van BAU). Ook hier moeten de emissies uiteindelijk naar een zeer laag peil teruggebracht worden. Ook in een BAU-scenario worden de emissies per eenheid BBP gereduceerd, maar de kans is klein dat dit zonder specifiek klimaatbeleid voldoende is.

6 In de periode 1970-2000 bedroeg de jaarlijkse BBP-groei 3,3 procent; in 1990-2000 3 procent, mede door ontwikkelingen in het Oostblok. De verwachting van het IEA luidt voor 2002-2030: mondiale BBP-groei 3,2 procent; aanvankelijk hoger (2002-2010: 3,7%), later geleidelijk afnemend (2,7% in de jaren 2020). Afname van de jaarlijkse groei in de OESO: 2,9 procent in periode 1971-2002 en 1,8 procent in periode 2020-2030. Verwachting volgens de World Energy, Technology, and Climate Policy Outlook (WETO) (European Union 2003a) voor

2000-2010: 3,5 procent, met name door het herstel van het Oostblok; voor 2020-2030: 2,6 procent. De groei is vooral hoog in Zuid en Oost. Komende decennia: (a) de groei van bevolking wordt mondiaal geleidelijk minder; (b) de inkomensgroei per hoofd bedraagt circa 2 procent. De vergrijzing beperkt de inkomensgroei per hoofd in de OESO.

7 De World Energy Assessment (Goldemberg 2000: 13) verwacht ten gevolge van structuurveranderingen in de economie een effect van –0,5 procent per jaar voor industriële landen en overgangseconomieën in Oost-Europa.

8 De literatuur geeft voor de jaarlijkse daling van de energie-intensiteit meer lagere (–1,2/–1,3%) dan hogere voorspellingen. WETO-BAU (European Union 2003a): voor 2000-2030: –1,2 procent in de OESO tegen –1,6 procent in de periode 1990-2000. Voor Azië verwacht men tot 2030 gemiddeld –1,5 procent, in CIS/CEE (Commonwealth of Independent States, Central and Eastern Europe) –1,4 procent en in Latijns-Amerika –0,8 procent. In Afrika is de daling het laagst. Rond 2030 zal energie-intensiteit in en buiten de OESO bijna gelijk zijn (maar in transitielanden nog bijna tweemaal zo hoog). In Nederland is de energie-intensiteit van de economie de laatste tien jaar met 1,3-1,4 procent per jaar gedaald, waarvan autonoom circa 1 procent per jaar. Tussen 1975-1995 was dat meer, onder andere als gevolg van de oliecrises.

9 De mediaan van de jaarlijkse groei van het energiegebruik in de 40 SRES-scenario's is 1,8 procent tot 2054 (marges: 1,2-2,0%). Het IEA geeft 1,9 procent voor 1970-2001 (3,2% in de jaren zeventig; 2% in de jaren tachtig; 1,4% in de jaren negentig) en voorspelt 1,6 procent tot 2030. Voor de EU (stabiele bevolkingsomvang over de gehele periode) rekent het IEA met 0,4 procent.

10 De CO_2-emissie van olie bedraagt circa 0,071 ton CO_2-equivalenten/GJ, die van gas 0,053 ton CO_2-equivalenten/GJ en die van kolen 0,21 à 0,125 ton CO_2-equivalenten/GJ. Andere bronnen noemen (niet geheel consistent) een CO_2-reductie van 26 procent voor de overgang van kolen naar olie en van 23,5 procent van olie naar gas.

11 De bandbreedte is het gevolg van de klimaatgevoeligheid voor de CO_2-concentratie, van het tijdstip van emissies (verblijftijd), van de beschouwde periode (1990-2100, 2000-2100, 2004-2100) en van overige veronderstellingen per gebruikt klimaatmodel (vergelijk bijvoorbeeld Stokes et al. 2004).

12 WEA (Goldemberg 2000) rekent bij een hoog groeiscenario op 9-15 GtC in 2050, en 6-20 GtC in 2100.

13 Volgens het WETO-rapport (European Union 2003a) vragen klimaatmaatregelen ten behoeve van een 550 ppmv-traject een prijs tot 2010 van € 13,5/tCO_2 in EU-landen (overige Kyoto-landen: € 5,5/tCO_2). Tussen 2010 en 2030 zou dit moeten stijgen naar € 60/tCO_2 respectievelijk € 30/tCO_2.

14 Nieuwe auto's zullen in China vanaf 2008 minder brandstof gebruiken dan in de VS en evenveel als die in Japan. Tegen 2020 is de efficiëntie van Chinese auto's beter dan de huidige in de EU.

15 Kernenergie komt 14 procent hoger uit dan in BAU. De groei vindt vooral plaats in de OESO-lidstaten en Rusland. Zon en wind komen 30 procent hoger uit. In de EU wordt het aandeel fossiel 74 procent (in BAU: 81%) door minder kolen en meer hernieuwbare energie.

16 $(1 + G) \times E_{2000} \times F_{2050} = (1 - R) \times F_{2000} \times E_{2000}$, zodat $F_{2050} = (1 - R) \times F_{2000}/(1 + G) = 40\%$, waarbij:
E = energie-emissie; F = aandeel fossiel ($F_{2000} = 80\%$); R= te bereiken reductie = 30%; G = groei primair energieverbruik = 40%.

17 Zie noot 10.

18 De efficiëntie van de CCGT-centrales en de geringe CO_2-emissie spelen daarbij een rol. Het meeste gas wordt gebruikt voor elektriciteit. Op plaats twee en drie staan respectievelijk de industrie en de gebouwde omgeving (verwarming).

19 In de OESO-landen is de groei van het kolengebruik het laagst: 0,3 procent per jaar; in transitie-economieën 0,8 procent per jaar en in ontwikkelingslanden 2,3 procent per jaar.

20 In grote landen zoals de VS, China, India, Rusland, Duitsland, Polen, Australië, Zuid-Afrika, Indonesië is het aandeel van de industrie veel groter.

21 120 GtC uit olie; 83 GtC uit gas.

22 Binnen het transport groeit vooral de luchtvaart, maar het aandeel daarvan is nog klein. In Nederland heeft transport een aandeel van 22 procent in de gebruikte fossiele brandstof.

23 Productie (kernenergie, zonne-energie?), distributie (brandstofcellen in voertuigen, nieuwe infrastructuur) en opslag van waterstof (nog geen opties met een acceptabele energiedichtheid) zorgen voor grote problemen.

24 Zolang elektriciteit met warmte als tussenstap wordt geproduceerd, is het conversieverlies in hoge mate een thermodynamisch gegeven. De restwarmte kan wel via warmtekrachtkoppeling nuttig gemaakt worden.

25 In de OESO moet in 2030 meer dan 1/3 van de oude centrales vervangen zijn, ofwel de meeste bestaande kolencentrales. Wel zal een belangrijk deel van de huidige infrastructuur en capaciteit in 2030 nog in bedrijf zijn.

26 De omvang van de emissies van ontwikkelingslanden ligt dan 16 procent boven die van de OESO-landen, waar de groei vertraagt wegens afnemende economische groei (let op, tweede afgeleide!). Prognoses tot 2025: ontwikkelde landen: +35 procent (EU +19%; Japan +26%; VS +39%); ontwikkelingslanden: +84 procent. Centraal- en Oost-Europa: +78 procent (1995-2020).

27 Het aandeel van de voormalige Oostbloklanden blijft in dat scenario nagenoeg gelijk op 8 procent, maar hun aandeel in de CO_2-emissies daalt. Het energiegebruik per hoofd is in 2030 in de OESO nog altijd 4,5 keer het gemiddelde in ontwikkelingslanden (namelijk 230 GJ versus 50 GJ; in transitielanden 200 GJ). Het laatste cijfer laat zien dat verschillen in efficiëntie ook een rol spelen.

28 De marginale kosten lopen stijl op met de mate van stringentheid van het reductiedoel van € 8/tCO_2 tot € 81/tCO_2.

29 Uitgaande van een efficiëntie in 2050 van kolencentrales van 50 procent (basislast met benuttingsgraad 90%) (vgl. Pacala en Socolow 2004).

30 Piebalgs: “Our ability to convince the developing world to address climate change will depend on our ability to demonstrate that technology exists and can be developed that will control emissions without significantly restraining growth. Given the indigenous energy resources of China and India, capture and storage and clean coal must inevitably form a central part of the answer to this challenge.”

31 De VS hebben veel minder gas dan Europa. De VS accepteren vanuit de optiek van energiezekerheid geen verdrag waarbij ze in feite het kolengebruik zouden moeten terugdringen. Ook een sterke toename van kernenergie en hernieuwbare energie in de VS is tot 2050 volstrekt onvoldoende voor een koers naar 450-550 ppmv CO_2-equivalenten. In de VS zouden in 2050 vrijwel alle centrales moeten zijn uitgerust met CCS. Voor het doel van 450 ppmv CO_2-equivalenten moet 22 GtC worden opgeslagen, voor 550 ppmv CO_2-equivalenten 6 GtC (Dooley et al. 2004; Riahi et al. 2004).

32 Beide in de basislast, rekening houdend met afvang van 85 procent en met extra energie benodigd voor CCS.

5 INTERNATIONALE COÖRDINATIE VAN KLIMAATBELEID

5.1 INLEIDING

Het klimaat behoort tot de ondeelbare publieke goederen op mondiaal niveau. Publieke goederen worden alleen voortgebracht en goed beheerd als liftersgedrag voldoende wordt tegengegaan. Op nationaal niveau is er een overheid om publieke goederen voort te brengen en te beheren; op internationaal niveau is men aangewezen op minder effectieve oplossingen in termen van onderhandeling en bilaterale of multilaterale afspraken. De huidige voortrekkers van internationale coördinatie van mitigatie – Japan en de Europese Unie (EU) – zijn momenteel al niet in staat om de jaarlijkse netto mondiale uitstoot beslissend te beïnvloeden, ongeacht hun bereidheid daartoe en ongeacht de kosten ervan. Op langere termijn (tot 2050) zullen de twee voortrekkers een gedurig afnemende directe invloed hebben. Dat geldt zelfs voor de lidstaten van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) als geheel. Effectief klimaatbeleid kan dus alleen *mondiaal* zijn. Europees en Nederlands klimaatbeleid zijn alleen rationeel indien ze zijn ingebed in een mondiale benadering.

De raad acht het van groot belang dat regeringen van deze en de volgende generatie(s) wereldwijd klimaatbeleid voeren dat effectief is. Effectiviteit vereist naast mondiale participatie in gecoördineerd beleid ook mondiale bereidheid tot *commitment* aan (omvangrijke) verplichtingen. Hoe geringer het *commitment*, des te lager de drempel voor participatie – en omgekeerd. Participatie en *commitment* zijn dus concurrerende voorwaarden: het haalbare door brede deelname is niet effectief qua *commitment* en het effectieve is niet haalbaar. Coördinatie is daarom een optimaliseringsprobleem: het zoeken naar die vormen van coördinatie die de optimale combinatie van participatie en *commitment* opleveren. Dit hoofdstuk verkent de mogelijkheden voor coördinatie en de meest effectieve opstelling daarin voor Nederland en Europa.

Het hoofdstuk is als volgt opgebouwd. Eerst wordt in paragraaf 5.2 het wereldwijde coördinatieprobleem nader omschreven en worden voorwaarden voor effectieve coördinatie onderzocht. Het zal blijken dat die voorwaarden onderling sterk concurreren. In 5.3 wordt nader ingegaan op de vertrekpunten van wereldwijde onderhandelingen: structurele en kortetermijnbelangen en bestaand klimaatbeleid. Energiestructuren reflecteren diepgewortelde economische en politieke belangen en zijn slechts uitermate langzaam aan verandering onderhevig; het klimaatbeleid van grote spelers als de Verenigde Staten, China en de EU wordt kort en vergelijkbaar besproken. Paragraaf 5.4 gaat in op de inhoudelijke aspecten van mondiale coördinatie. Daarbij wordt eerst aandacht besteed aan de institutionele aspecten. Vervolgens worden wegen aangegeven om naast het Kyoto-traject te kiezen voor een veelkleurige flexibiliteit van klimaatbeleid binnen coalities van uiteenlopende samenstelling. Het hoofdstuk eindigt met een conclusie (5.5).

5.2 HET WERELDWIJDE COÖRDINATIEPROBLEEM NADER BEZIEN

Deze paragraaf brengt de coördinatie-uitdaging in kaart, door nadere uitwerking van het drieluik 'ontwikkeling, verdeling en allocatie' uit hoofdstuk 1 en 2 (paragraaf 5.2.1). Speciale aandacht wordt gegeven aan die factoren die de coördinatie bemoeilijken (paragraaf 5.2.2). Ten slotte wordt een aantal criteria geïnventariseerd waaraan voor effectieve coördinatie moet worden voldaan (paragraaf 5.2.3). Die criteria zijn zodanig onderling concurrerend dat een enkelvoudig coördinatie-instrument, bijvoorbeeld de Kyoto-benadering, niet zal voldoen. Reden waarom in volgende paragrafen zal worden gekeken naar veelkleurige arrangementen op basis van de belangen van de deelnemende partijen.

5.2.1. DEFINITIE EN KARAKTERISERING VAN COÖRDINATIE

In hoofdstuk 1 en 2 is het coördinatieprobleem opgedeeld in drie componenten, namelijk het ontwikkelingstraject van nu nog arme landen, de verdeling van lasten en de allocatie van inspanningen. Het coördinatieprobleem betreft eerst en vooral de mitigatie, omdat daar het liftersgedrag het meest urgent is. Aanpassingsproblemen zullen vooral regionaal worden opgelost en vragen alleen internationale coördinatie voor zover ze de draagkracht van een land of regio te boven gaan.

Het ontwikkelingstraject van groeilanden is bovenschikkend in klimaatkwesties. Ongeveer driekwart van de wereldbevolking woont in ontwikkelingslanden, waarvan de helft in landen met relatief lage per capita-inkomens. Deze landen willen eerst en vooral groeien. Klimaatkwesties laten hen niet onverschillig, maar hebben geen hoge prioriteit. Vergeleken met de OESO is hun emissie-efficiëntie laag, zij het dankzij verbeterde techniek beter dan destijds in de OESO, en de groei van emissies is veel hoger dan die van de OESO heden ten dage. De goedkope mitigatieopties liggen vooral in ontwikkelingslanden, de mitigatiepreferentie ligt (in elk geval vooralsnog) vooral in ontwikkelde landen.

Het ontwikkelingsprobleem vereist oplossingen voor de volgende vragen in de wereldwijde coördinatie:

a. Welke strategieën en opties kunnen worden ontwikkeld die bij ontwikkelingslanden tot een snellere daling van energie-intensiteit en van koolstofintensiteit leiden, zonder dat de economische groei eronder lijdt?
b. Hoe kan bevorderd worden dat ook arme ontwikkelingslanden zelf klimaatbeleid voeren in die gevallen waar de *lokale* nevenbaten van klimaatmaatregelen interessant zijn (*ancillary benefits* of ook wel *co-benefits*)? Denk bijvoorbeeld aan lokale luchtvervuiling door buitensporig kolenverbruik en slechte benzine en diesel of aan energiezekerheid.
c. Is *graduation*, de (geleidelijke, *multistage*) overgang van 'ontwikkelingsland' naar 'ontwikkeld land', een werkbaar concept in internationale organisaties, met de verplichtingen en kosten die dat uiteraard met zich meebrengt?
d. Met of zonder antwoord op vraag c: hoe kunnen de huidige ontheffingen voor

(alle) ontwikkelingslanden in het Kyoto-protocol later in de tijd en in verband met feitelijke emissiepaden worden geclausuleerd of, beter nog, als te rechtvaardigen uitzonderingen worden gedefinieerd, die dus ook kunnen verlopen? Dit is op kortere termijn vooral interessant voor de snelle groeiers op middeninkomenniveau. Ook zonder een Kyoto II-verdrag valt te verwachten dat de precedentwerking nog lang zal naijlen.

e. Op welke wijze en in hoeverre kunnen de kosten van al deze initiatieven verlicht of gedeeld worden door ondersteuning vanuit de OESO of anderszins (andere organisaties of instituties zoals de OPEC, World Trade Organization (WTO), bi- of multilateraal)?

Aan de vragen hangt ook een prijskaartje, dat tot verlammende blokkades in het internationaal overleg kan leiden. Hoewel participatie van ontwikkelingslanden een *conditio sine qua non* is voor een meer plooibare houding van de VS, valt er alleen effectief wereldwijd klimaatbeleid te verwachten indien de OESO (later wellicht vergezeld door andere landen) de verplichting van aanzienlijke (financiële) overdrachten zou aanvaarden. De lastenverdeling daarvan en de fasering daarin is onderdeel van het verdelingsvraagstuk. Kern van het ontwikkelingsprobleem is dat de lasten (ten dele) op een andere plaats moeten worden gedragen dan die waar de daadwerkelijke inspanningen plaatsvinden.

Het *verdelings- en allocatieprobleem* is niet minder lastig. Een effectieve allocatie via marktinstrumenten vereist een *initiële* verdeling van de emissieruimte (en daarmee de rechten). Er zijn zowel goede politieke als economische redenen om die *initiële* verdeling bovenproportioneel aan ontwikkelingslanden toe te wijzen, maar een dergelijke verdeling komt niet zonder meer overeen met de verdeling van belangen en onderhandelingsposities. Daarnaast is de vraag in hoeverre de problemen van verdeling en allocatie gekoppeld of gescheiden moeten worden. Een zuivere afweging pleit voor scheiden, zowel in de onderhandelingen als in de tijd, maar in het onderhandelings*proces* kan koppeling soms effectief zijn voor coalitievorming.

De *allocatie* van mitigatie moet de wereld zo weinig mogelijk kosten. Aangezien de plaats van mitigatie er veel toe doet voor kostenminimalisatie, moet de allocatie efficiënt gebeuren. Wie ervoor betaalt, is een andere vraag. Het staat vast dat rationele allocatie tot veel mitigatie zal leiden in arme landen: hoofdstuk 4 heeft laten zien dat de potentie daar enorm is, gezien de kostenverhoudingen, en dat bovendien het emissievolume daar in toenemende mate bepalend is voor het probleem.

De meest kosteneffectieve manier van allocatie vergt maximale integratie van emissiereductie in het marktmechanisme. Dat vraagt een wereldwijde, goed werkende (koolstof)markt. Zoiets dient grondig onderhandeld te worden en moet worden vastgelegd in geloofwaardige regels, met waarneming en handhaving. Voor zover dat niet haalbaar is, of niet voor alle deelnemers aan de United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), kunnen aanvul-

lende methoden en instrumenten voor allocatie benut worden, waaronder projectfinanciering, zoals het Kyoto-protocol – weliswaar nog met veel kinderziekten, zie tekstbox 5.6 – doet middels het Clean Development Mechanism (CDM) en Joint Implementation (JI). Alleen voor die mitigatie die geen extra lasten met zich meebrengt of die welvaartsverhogend is, ligt het voor de hand dat ieder land eigen verantwoordelijkheid neemt, maar ook dit beleid kan gebaseerd zijn op marktmechanismen.

Technologieontwikkeling vormt een uitzondering. Daar is sprake van een *push*-effect (geld beschikbaar maken voor onderzoek) en een *pull*-effect (relatieve prijsverandering geeft de markt een prikkel tot onderzoek). Vertrouwend op het *pull*-mechanisme kan worden gekozen voor een minimum aan mitigatie in OESO-landen als investeringsstimulans. Zo heeft de EU een 50/50-procentsregel vastgesteld, dat wil zeggen: hooguit 50 procent elders in de wereld en 50 procent binnenlands. De andere manier is het *push*-mechanisme om 'voldoende' publieke fondsen voor onderzoek en ontwikkeling (R&D) te genereren. Het *pull*-mechanisme riskeert dat vooral de optimalisatie van bestaande technieken wordt bevorderd, waarmee geen grote sprongen worden gemaakt. Het *push*-mechanisme riskeert zowel een hopeloze concurrentie met andere overheidsuitgaven die politiek op kortere termijn aantrekkelijker zijn als een foutieve selectie van winnende technieken. Het heeft wel als voordeel dat dit type onderzoek sterke 'positieve externaliteiten' kent, waardoor internationale samenwerking voor allen aantrekkelijk is.

De *verdelingskwestie* handelt over het betalen voor reductieverplichtingen via de verdeling van emissierechten of via andersoortige overeenkomsten. Dit is nauw verbonden met de welvaartsverdeling in de wereld, maar er spelen ook andere maatstaven. Het onderhandelingsprobleem bestaat grofweg uit drie onderdelen, namelijk de verdelingsgrondslag, de timing en instrumentele flexibiliteit:

- De verdelingsgrondslag vereist indicatoren in een onderlinge verhouding. De (convergentie van de) netto-uitstoot per hoofd is zo'n indicator. Deze maatstaf is echter veel te grof en daardoor alleen geschikt indien hij expliciet wordt gecorrigeerd voor andere objectieve aspecten, zoals klimaatfactoren per land, de positie en specialisatie in de mondiale arbeidsverdeling, aanwezige grondstoffen, enzovoort. Daarnaast hangen onderhandelingen uiteraard af van de bereidheid om verplichtingen aan te gaan, die bepaald wordt door de eigen weging van kosten en baten van klimaatbeleid, het belang dat men hecht aan energiezekerheid en de waarde van reputatie over het al of niet bijdragen aan internationale samenwerking.
- De timing van mitigatieverplichtingen wordt bepaald door de sequentie van in te zetten mitigatieopties (zie ook hoofdstuk 4) en door de mate waarin landen in hun ontwikkelingstraject geleidelijk zwaardere verplichtingen op zich nemen, conform de indicatoren die hiervoor zijn genoemd.
- Flexibiliteit met betrekking tot instrumenten geeft landen zo veel mogelijk ruimte om nationaal en wereldwijd kosteneffectiviteit te verwezenlijken. Laat men het idee van wereldemissieplafonds los (redenen daarvoor komen in

paragraaf 5.4 aan de orde; landen of groepen kunnen dat zichzelf wel opleggen), dan doet zich een scala van mogelijkheden voor, variërend van multilaterale en bilaterale fondsen voor technologieoverdracht en vrijwillige R&D in landen en groepen van landen tot verplichtingen op tal van specifieke terreinen, *private-public partnerships* met multinationals die opereren in ontwikkelingslanden, enzovoort.

5.2.2 COMPLICERENDE FACTOREN

Er zijn drie factoren die de mondiale coördinatie van klimaatbeleid ingewikkeld maken: de onzekerheid over toekomstige schade en over de probleemoplossing, de aantrekkelijkheid van liftersgedrag en de samenhang tussen efficiëntie en verdeling.

Coördinatie onder onzekerheid

Coördinatie veronderstelt een minimale overeenstemming over de analyse van het probleem, over de feiten, over de doelstellingen en over de strategie. Op al deze punten is het klimaatprobleem bijzonder. Over het klimaatprobleem zelf bestaat een grote mate van onzekerheid. Het is dan ook niet verwonderlijk dat momenteel veel klimaatbeleid juist bestaat uit investeringen in het verminderen van onzekerheid en het robuuster maken van kennis. De grote onzekerheid maakt het voor deelnemende landen moeilijk hun belangen goed in te schatten. De motivatie voor klimaatbeleid moet immers komen van de mogelijkheid om door investeringen in emissiereductiebeleid toekomstige aanpassingskosten te verminderen. Die aanpassingskosten zijn in hoge mate onduidelijk.

Een tweede bron van onzekerheid zijn de kosten van emissiereductiebeleid. De Europese ambitie om de klimaatverandering te vertragen tot 2 °C aan het einde van deze eeuw vereist naar de huidige inzichten een vergaande emissiereductie. Met de huidige beschikbare technieken is dat kostbaar en het zal veel investeringen vereisen. De aanpassing van economische agenten en markten aan relatieve prijswijzigingen kan pijnlijk zijn.

Er is innovatie voor nodig, maar de opbrengst van de leertrajecten van die innovatie is onzeker. Dat maakt het onaantrekkelijk zich te committeren aan vergaande doelstellingen (McKibbin 2005). Deze onzekerheid ondergraaft het vertrouwen dat langetermijncoördinatie überhaupt de gewenste doelstellingen kan verwezenlijken. Het is voor landen niet aantrekkelijk veel te investeren indien de verwachting bestaat dat andere spelers zich overwegend als *free rider* zullen blijven opstellen.

Voorts veronderstelt coördinatie minimale overeenstemming over het tijdpad van doelstellingen en de strategie. Klimaatbeleid zal langdurig – over een termijn van ten minste een halve eeuw – gevoerd moeten worden om effectief te zijn. Op een dergelijke termijn zijn belangen en machtsposities te onzeker voor landen om langlopende verplichtingen aan te gaan.

De onzekerheid bemoeilijkt coördinatie, maar maakt haar niet onmogelijk. Coördinatie is geen alles-of-nietskwestie, maar beoogt een gezamenlijke kosten-batenafweging te bewerkstelligen die alle partijen een hoger nut oplevert dan dezelfde afweging zonder coördinatie. Het is aannemelijk dat die coördinatie gemakkelijker zal gaan verlopen naarmate deelnemende partijen meer zicht krijgen op hun belangen en mogelijkheden. Alle OESO-landen en in toenemende mate ook de zich industrialiserende ontwikkelingslanden voeren al een actief klimaatbeleid. Deze landen hebben er belang bij elkaar te stimuleren om (ook of meer) aan emissiereductie te doen.

De vrees voor liftersgedrag

Het klimaat is een wereldwijd publiek goed: het profijt van goed klimaatbeheer is een ondeelbaar en daardoor vrij goed. Er is dus een sterke prikkel om mee te liften op de inspanningen voor goed klimaatbeheer van anderen. Maar anderzijds heeft elk van de partijen baat bij geloofwaardige samenwerking, omdat het alternatief bestaat uit een algemeen gebrek aan inspanning, met als gevolg de verwaarlozing van het publieke goed. Naarmate het aantal spelers groter is, neemt de kans toe dat de onderhoudsinspanningen – ook bij coördinatie – op een suboptimaal niveau blijven. Er zijn drie mechanismen die de vrees voor liftersgedrag relativeren.

Er is allereerst een groot grijs gebied tussen volledig coöperatief versus non-coöperatief gedrag. Zelfs spelers die zouden kiezen voor non-coöperatief gedrag beschikken over mitigatieopties die weinig of niets kosten, maar die wel het collectieve probleem (en dus ook het probleem van de lifter) kleiner maken. Te denken valt daarbij aan *no regret*-opties in de sfeer van energie-efficiëntie, die baten opleveren in de vorm van minder lokale vervuiling, lagere energiekosten en geringere energieafhankelijkheid. Bovendien zijn er mogelijkheden het gedrag van andere partijen te monitoren en (non-)coöperatief gedrag van anderen te belonen dan wel te bestraffen met eigen (non-)coöperatief gedrag. Dit verhoogt de opbrengst van coöperatief gedrag voor alle betrokken partijen. En ten slotte is er ook voor lifters in spe het belang een gerespecteerd lid van de wereldgemeenschap te zijn, een belang dat door de overige partijen kan worden bespeeld door via *issue linkage* non-coöperatief gedrag te bestraffen met uitsluiting op andere terreinen.

In de tweede plaats is coöperatief gedrag niet hetzelfde als uniform of onbaatzuchtig gedrag. Als gevolg van specifieke belangen kunnen partijen (gerechtvaardigde) gronden hebben voor afwijkende prioriteiten, bijvoorbeeld als ontwikkelingsland met geringe middelen en prioriteiten voor eerste levensbehoeften en infrastructuur. Daarnaast kan een rol spelen dat partijen meer of minder last denken te gaan krijgen van klimaatverandering dan wel van emissiebeperkingen. Voorbeelden zijn een (on)gunstige geografische ligging, respectievelijk een sterke afhankelijkheid van specifieke energiebronnen zoals kolen. Het veel gehanteerde adagium 'de vervuiler betaalt' is in de eerste plaats ingegeven door economische motieven (namelijk de stimulans om minder te vervuilen).

Dat dit adagium daarnaast een morele lading draagt, stimuleert het onderhandelingsresultaat, maar is er niet de basis voor. In onderhandelingen zonder gezaghebbende scheidsrechter is het vaak eerder de schadelijder die betaalt dan de vervuiler. Deze inzichten kunnen de basis leggen voor allerlei coördinatiemenu's. Dit is de grondslag voor wat in paragraaf 5.4.3 'veelkleurige flexibiliteit' wordt genoemd.

In de derde plaats zijn er weliswaar veel partijen, maar het aantal spelers dat ertoe doet is beperkt. Wanneer bijvoorbeeld alleen naar CO_2 gekeken wordt, neemt de topzes van producenten (VS, EU-25, China, Rusland, Japan, India) meer dan twee derde van de emissies voor zijn rekening. Die groep heeft een aanwijsbaar eigenbelang in onderlinge samenwerking, omdat de mitigatie van de andere grote landen ieder van hen fors doet opschuiven in de richting van een positie met wereldwijde, optimale coördinatie. Deze coalitie hoeft zich niet zo veel zorgen te maken over liftersgedrag onder de andere 180 landen, omdat die additionele samenwerking hun positie nauwelijks nog kan verbeteren, terwijl de transactiekosten relatief veel hoger zijn. Daar komt nog bij dat deze coalitie, eenmaal samenwerkend, geloofwaardig sancties kan instellen, omdat deze als gevolg van de asymmetrie voor de kleine landen (bijvoorbeeld bij markttoegang die wordt bemoeilijkt) kostbaarder zijn dan voor de coalitie.

De samenhang tussen efficiëntie en verdeling

Het is inmiddels een geaccepteerde opvatting dat marktwerking vaak tegelijk het eigenbelang en het collectieve belang kan dienen, om een gegeven doel tegen de geringst mogelijke kosten te realiseren. Daartoe is nodig dat markten goed kunnen werken en dat vereist weer dat ze concurrerend zijn, op heldere eigendomsverhoudingen steunen en dat de goederen of diensten een privaat karakter hebben. Vandaar dat veelal een scheiding bepleit wordt tussen markten (allocatie) en verdeling (van emissierechten), alsof het om private goederen zou gaan. De verdelingskwestie wordt dan louter als een politieke investering in consensus aangemerkt. Dit heeft iets van een *zero sum*-oplossing en zulke verdelingen lopen uiterst stroef. Dit geldt a fortiori omdat bij klimaatbeleid de allocatie vereist dat inspanningen vooral plaatsvinden in ontwikkelingslanden, terwijl de lasten van die inspanningen meer dan evenredig in ontwikkelde landen moeten worden opgebracht.

Het *zero sum*-karakter kan doorbroken worden indien men bedenkt dat de coördinatie zelf een publiek goed is. Indien de initiële quotatoedeling hoger is voor ontwikkelingslanden dan voor ontwikkelde landen, zal de marktwerking ervoor zorgen dat in de uiteindelijke evenwichtssituatie de welvaart voor alle partijen hoger ligt. Inkomensherverdeling naar arme landen zal leiden tot een grotere vraag naar mitigatie. Politieke en economische motieven ondersteunen elkaar hier. Dit inzicht kan op den duur een depolitiserend effect hebben op de wereldwijde coördinatie. De praktische betekenis hiervan is beperkt, omdat niet vastgesteld kan worden welke initiële verdeling ten gunste van ontwikkelingslanden optimaal is voor de totale welvaart dan wel voor afzonderlijke partijen.

5.2.3 VOORWAARDEN VOOR EFFECTIEVE COÖRDINATIE

In de literatuur is veel aandacht besteed aan de voorwaarden voor effectieve coördinatie, veelal met het oog op het construeren van veelomvattende internationale verdragen als vervolg op Kyoto. Indelingen en subcriteria zorgen voor een grote diversiteit, maar met een variant op Aldy et al. (2003a) zijn zeven veel terugkomende criteria te onderscheiden, die onderling samenhangen en ten dele onderling sterk concurrerend zijn: dynamische efficiëntie; milieueffectiviteit; kosteneffectiviteit; billijkheid; flexibiliteit op lange termijn; participatie; objectieve monitoring en handhaving.

Dynamische efficiëntie

Dynamische efficiëntie verwijst naar een intertemporeel mondiaal keuzevraagstuk. De keuze legt de doelen vast en betreft de verdeling van middelen tussen mitigatie, aanpassing, technologiebeleid en overige publieke en private uitgaven. Het gaat dus om preferenties die per individu kunnen verschillen en die eerst op nationaal niveau en vervolgens op internationaal niveau geaggregeerd moeten worden. De inzet van middelen kan in de loop van de tijd veranderen, afhankelijk van veranderende omstandigheden, zoals de fysieke omgeving en de spreiding van beschikbaarheid van middelen in de tijd. Ook de preferenties kunnen in de loop van de tijd veranderen. In de praktijk van het klimaatprobleem blijkt dat de keuzeafwegingen moeilijk rationeel te onderbouwen zijn (zie hoofdstuk 2). Daardoor ontstaan controversen tussen degenen die het milieudoel meer of minder belangrijker vinden dan andere doelen en uit dien hoofde een voorkeur hebben voor emissieplafonds dan wel voor kostenplafonds.

Milieueffectiviteit

Milieueffectiviteit verwijst naar doeltreffendheid. Het beleid moet eraan bijdragen dat de bovengestelde doelen bereikt worden, wat minder vanzelfsprekend is dan het lijkt. De effectiviteit van Kyoto in termen van bereikte mitigatie is gering (wegens beperkte verplichtingen van de Annex I-landen, de geringe feitelijke deelname in mitigatiebeleid en het *hot air*-probleem – zie tekstbox 5.1). Hier ligt een afruil tussen effectiviteit en participatie. Ook is er een terugkoppeling naar de dynamische efficiëntie, omdat gaandeweg duidelijk kan worden dat doeltreffendheid onverantwoorde kosten meebrengt. Voor OESO-landen bleek het Kyotoproces tot vrees te leiden dat de kosten te ongewis waren. Dit heeft Canada ertoe gebracht om een (in de academische literatuur vaak gesuggereerde) veiligheidsklep in het voorgestelde handelssysteem in te bouwen, in de vorm van een maximale koolstofprijs. Deze optie wordt eveneens overwogen in Australië en de VS.

Kosteneffectiviteit

Kosteneffectiviteit vereist dat het doel bereikt wordt met een minimale middeleninzet. De meest doelmatige inzet wordt bereikt met verhandelbare emissierechten, met een koolstofbelasting (dan wel GHG-belasting) als één na beste oplossing. Dit vereist een schaarste middels emissieplafonds conform het criterium van dynamische efficiëntie. Men kan nog verder gaan. Indien de initiële

plafonds die arme landen zouden aangaan bewust ruim zijn gekozen, en daarmee die van rijke landen bewust krap, ontstaat in wezen een JI-variant die aanvankelijk de kosten van mitigatie afschuift naar de kopers van emissierechten. Immers, arme landen zullen hun overtollige rechten verkopen aan kopers uit OESO-landen die aanvankelijk te weinig emissierechten bezitten. Bij investering van deze opbrengsten in bijvoorbeeld moderne krachtcentrales wordt het mogelijk het ontwikkelings- en groeipad van arme landen te combineren met versnelde mitigatie.

Op lange termijn is kosteneffectiviteit veel ingewikkelder, want dan behelst het tevens de intertemporele keuze tussen innovatie (nieuwe (doorbraak)technologieën in OESO-landen) en diffusie (bestaande technologieën in armere landen). Tevens wordt kosteneffectiviteit krachtig gediend door het afstemmen van klimaatbeleid op investeringscycli in de energiesector, in het licht van de lange levensduur van centrales.

Billijkheid

Billijkheid verwijst naar een als rechtvaardig ervaren verdeling van lusten en lasten, verantwoordelijkheden en draagkracht. Artikel 3.1 van de UNFCCC, dat spreekt over *common but differentiated responsibilities,* speelt hierbij een (wellicht te) grote rol.[1] Billijkheid heeft tot nu toe in de UNFCCC tot rigide posities geleid, omdat de ontwikkelingslanden halverwege de jaren negentig koste wat het kost wilden vermijden dat zij zouden meebetalen aan de OESO-lasten uit het verleden.[2] Inmiddels is duidelijk dat de cumulatieve emissies van niet-OESO-landen die van OESO-landen snel zullen inhalen. Hanteert men stroomgrootheden en wordt methaan meegenomen, dan is de jaarlijkse netto-GHG-uitstoot van arme landen en OESO-landen momenteel nagenoeg gelijk (zie hoofdstuk 4). Dat laat zien dat er veel middelen zijn om het billijkheidscriterium te plooien. Ook in de relatie tussen de EU en de VS zorgt billijkheid voor wrevel, aangezien het rijkste OESO-land dat ook nog eens de grootste vervuiler is, weigert zich te committeren aan al te strikte ombuigingen. Billijkheid heeft een sterke binnenlandse component: het resultaat van internationale onderhandelingen – waarin billijkheid het vaak aflegt tegen machtsverschillen – moet binnenlands als 'billijk' kunnen worden uitgelegd ter legitimatie van de latere kosten van beleid.

Flexibiliteit

Flexibiliteit is noodzakelijk in het licht van de toenemende kennis over het klimaat en over de technologische mogelijkheden, maar beperkt de stringentheid van langetermijnafspraken en schept zo onduidelijkheid over toekomstige verplichtingen. Het is van belang dat, ingeval juridisch instrumentarium wordt aangewend, *sunset*-clausules (regels die na een periode wetskracht verliezen, tenzij ze met een nieuw besluit worden verlengd) worden gebruikt en veranderingen mogelijk blijven zonder dat de stabiliteit en korteretermijnverplichtingen daardoor ondermijnd worden. Vooral in wereldverband is dit buitengewoon lastig, omdat de grens tussen flexibiliteit en het zich onttrekken aan harde verplichtingen onduidelijk is.

Participatie

Brede participatie brengt de gemaakte beleidskeuzen dichter bij het mondiale welvaartsoptimum en is bovendien in zekere mate een voorwaarde voor ervaren billijkheid. Door coördinatie kunnen mitigatie-inspanningen van land A een motivatie vormen voor inspanningen van land B. Het externe effect van inspanningen wordt zo een ruilbaar goed in plaats van een 'vrij goed'. Voor ieder aantal deelnemers kunnen de kosten van mitigatiebeleid worden afgewogen tegen de baten ervan in de vorm van uitgespaarde aanpassingskosten. Hoe hoger dat aantal, des te beter zal de uitkomst van die afweging de werkelijke preferenties van alle deelnemers weergeven. Coördineert men met meer landen, dan zal meer aan mitigatie-inspanning worden gedaan dan bij een geringer aantal zou zijn gebeurd. Elke nieuwe deelnemer verhoogt enerzijds het aantal en daarmee de dekking van preferenties, maar verhoogt anderzijds ook de transactiekosten. Er is bijgevolg een optimaal schaalniveau en een optimale coalitie waar de marginale transactiekosten opwegen tegen de opbrengsten van schaalvergroting.

Brede participatie concurreert met doeltreffendheid, omdat effectieve maatregelen ook kostbaar zijn. Tegelijk geldt dat de kosteneffectiviteit weer sterk toeneemt met een bredere participatie. Bollen et al. (2004b) laten zien dat een emissiereductie van 30 procent in 2020 met participatie van de ontwikkelingslanden een zesde kost van dezelfde reductie alleen met de OESO-landen. De combinatie van deze overwegingen kan zowel blokkages van als prikkels voor effectieve coördinatie opleveren. Kostbare maatregelen kunnen landen afschrikken en dat verhindert kosteneffectiviteit. Slaagt men er echter in toch het aantal deelnemers fors te verhogen, dan verlaagt dat onmiddellijk de mitigatiekosten. Het is te verwachten dat alleen een veel opener benadering – met veel meer differentiatie, minder juridische verplichtingen, een grotere nadruk op prikkels, andere opties dan emissieplafonds en deadlines, specifieke nadruk op technologie als 'bijdrage' en de aanmoediging van bilaterale naast multilaterale verdragen en fondsen – tot bredere participatie kan leiden. Deze differentiatie concurreert echter weer met de monitoring en handhaving, omdat moeilijk is vast te stellen wat *free riding* is en wat niet. Dit schept wantrouwen en kan de bereidheid van andere deelnemers ondermijnen.

Niet-binding impliceert nog geen afwijzing van elk klimaatbeleid, in de zin dat men het desondanks beter wil doen dan in *business as usual*-scenario's (BAU). De VS voeren bijvoorbeeld wel klimaatbeleid zonder zich te committeren aan het Kyoto-protocol. Australië voert zelfs letterlijk de Kyoto-verplichtingen uit zonder zich er onder Kyoto aan te binden. Niet-Annex I-landen de hebben veelal nauwelijks *commitments* hoeven aangaan, maar voeren (meestal) wel degelijk een klimaatbeleid. Deze schakering van zelf opgelegde maar lichtere en andere vormen van klimaatbeleid schept allerlei kansen om het draagvlak voor bredere participatie in het wereldklimaatbeleid te vergroten, zolang maar flexibel gestreefd wordt naar een veelheid van typen bijdragen aan mitigatie.

Objectieve monitoring en handhaving

Monitoring en handhaving zijn nodig om inspanningen zichtbaar te maken voor de overige partijen, een noodzakelijke voorwaarde voor gecoördineerde inspanningen. Emissiehandel vereist juridisch handhaafbare emissieplafonds, alsmede meting en toezicht. In de EU met bovenschikkend EG-recht kan dat. Op wereldniveau kan dat niet op dezelfde manier; het CDM in het Kyoto-protocol heeft bijvoorbeeld hoge transactiekosten. Waar het om gaat, is dat langetermijnverplichtingen worden aangegaan die geloofwaardig zijn en die internationaal, of nog liever op basis van binnenlands recht, afdwingbaar zijn. Internationaal privaatrecht biedt hier wel mogelijkheden voor bedrijven. Bilaterale of regionale verdragen zijn eveneens mogelijk, bijvoorbeeld met verwijzing naar internationale arbitrage. Verder kunnen multinationals binnen hun concerns, maar wel degelijk over landsgrenzen heen, tot handel van rechten komen op basis van afgesproken concernplafonds, met initiële allocatie.

Vooral in ontwikkelingslanden en transitielanden zijn monitoring en handhaving een probleem, omdat de bestuurlijke en materiële infrastructuur ontbreekt of tekortschiet. Mocht een kader kunnen worden ontworpen voor bredere verplichtingen na het Kyoto-protocol, dan valt te verwachten dat dat kader veel differentiatie en flexibiliteit zal toepassen, zelfs hier en daar geen termijnen zal opleggen. De vraag is dan welke betekenis nog aan handhaving moet en kan worden toegekend.

Tekstbox 5.1 Hot air in het Kyoto-protocol

Het basisjaar 1990 van het Kyoto-protocol is niet helemaal toevallig zo gekozen. Een belangrijk deel van de emissiereducties in het protocol bestaat uit zogenoemde *hot air* in Oost-Europa en Rusland (Barrett 2001). De opgelegde reducties ten opzichte van 1990 waren daar door het ineenstorten van de inefficiënte Sovjeteconomie ten tijde van het vaststellen van het Kyoto-protocol al vanzelf meer dan gehaald, zodat de emissiereductie ten opzichte van 1990 feitelijk extra emissieruimte (*hot air*) betekende. Ook in het Verenigd Koninkrijk waren door saneringen in de mijnbouw al emissiereducties gerealiseerd, waardoor feitelijk extra emissieruimte ontstond. Die extra emissieruimte is binnen Europa verdeeld, onder meer ten behoeve van enkele zuidelijke landen (zie hoofdstuk 2). Voor Japan had de economische stagnatie in de jaren negentig een soortgelijk effect.

Hot air verhoogt het uiteindelijke emissieplafond, maar is niet per definitie disfunctioneel. De hoeveelheid *hot air* is eindig en vormt de prijs die betaald wordt om landen bij het verdrag te betrekken. Na verbruik ontstaat wel een restrictie, zodat de toedeling van *hot air* bij een gegeven totale emissieruimte vooral een welvaartsverdelingsvraagstuk is, dat overigens ook kan bijdragen aan een uiteindelijk evenwicht op een hoger welvaartsniveau (zie paragraaf 5.2.2).

5.3 DE HOOFDROLSPELERS: OVER BELANGEN EN BELEID

De mogelijkheden voor effectieve onderhandelingen worden bepaald door de belangen van de grootste spelers. In paragraaf 5.2.2 is aangegeven dat de topzes van producenten (VS, EU-25, China, Rusland, Japan en India) meer dan twee derde van de CO_2-emissies voor zijn rekening neemt. Daarnaast zijn in verband met landgebruik Indonesië en Brazilië belangrijke GHG-producenten. In deze acht landen ligt dus het grootste reductiepotentieel en, omdat het aantal de grote economieën omvat, ook het grootste deel van de te verwachten schade en de draagkracht voor maatregelen. Ook op middellange termijn (2030) zijn deze acht landen beeldbepalend. Het samenbrengen van reductiepotentieel, schadepotentieel en draagkracht van de grootste spelers is een noodzakelijke voorwaarde voor effectieve coördinatie die de belangen van deze landen dient. Voor een deel lopen die belangen parallel, maar deels zijn er ook nationale en soms sectorale of andere belangenafwegingen.

De belangen worden in belangrijke mate bepaald door de energiestructuur van de economieën. Deze structuren laten zich moeilijk en langzaam aanpassen, zo men dat zou willen. De bestaande energiestructuren zullen in de komende decennia een dominante invloed hebben op het te voeren klimaatbeleid. In paragraaf 5.3.1 wordt daarom gekeken naar de diversiteit in energiestructuren van de acht grootste emittenten in de wereld. Daarnaast worden als casusbenadering de belangen en het lopende klimaatbeleid van twee grote spelers buiten Europa in kaart gebracht: de Verenigde Staten (paragraaf 5.3.2) en China (paragraaf 5.3.3). Tevens wordt, in aanvulling op hoofdstuk 2, de Europese positie belicht (paragraaf 5.3.4).

5.3.1 DIVERSITEIT IN ENERGIESTRUCTUUR VAN DE GROTE ACHT

Nu al zijn China, India, Brazilië en Indonesië economisch zo belangrijk dat effectieve coördinatie over een lang tijdpad niet denkbaar is zonder deze landen steeds intensiever bij het mondiale klimaatbeleid te betrekken, zowel in klimaatafspraken als in een vorm van leiderschap. De VS zijn verder de grootste vervuiler. De EU en China produceren elk iets meer dan de helft van de VS-emissie. Japan en Rusland produceren elk weer iets meer dan de helft van de EU-emissie.

In tabel 5.1 worden kerncijfers bijeengebracht voor bovengenoemde acht landen(groepen) voor 2002 en 2030 op basis van de gezaghebbende IEA World Energy Outlook. Het IEA heeft de energiegerelateerde jaarlijkse CO_2-uitstoot voor 2030 op twee wijzen berekend: de tweede kolom zonder additioneel klimaatbeleid (maar met energie-efficiëntietrends, enzovoort) en de derde kolom met gespecificeerd additioneel klimaatbeleid (het Alternatief Scenario). De percentages in kolom 3 geven de plausibele reductie ten opzichte van het BAU-scenario. De kerncijfers worden aangevuld met enkele meer specifieke aandachtspunten, die nader kunnen verklaren waar gevoeligheden liggen en waar zich kansen voor coördinatie voordoen.

Wat onmiddellijk opvalt, is de *enorme variëteit* tussen de spelers. Dit vormt meteen de belangrijkste les van dit soort exercities: vanuit de EU dient niet lichtvaardig te worden geoordeeld over de belangen en drijfveren van andere landen en delen van de wereld. Alleen al op aspecten als ontwikkeling en energiestructuur bestaan gapende kloven die geenszins suggereren dat convergentie op beide onderdelen wenselijk of waarschijnlijk is tegen 2050. Voor Nederland geldt in het bijzonder dat lang niet alle beslissers en lobby's zich deze variëteit lijken te realiseren. 'Vanzelfsprekende' uitgangspunten in Nederland zijn elders niet vanzelfsprekend. De tabel leidt tot onderstaande constateringen.

Het huidige klimaatbeleid haalt de IPCC-doelstelling niet

Alternatieve scenario's met vrij ferm klimaatbeleid leveren weliswaar resultaten op, maar alles bijeen neemt de CO_2-uitstoot tot 2030 nog steeds fors toe, zelfs in Noord-Amerika. De EU zou slechts stabiliseren. Voor de Unie mag dit gelden als een waarschuwing, want dit alternatieve scenario van het IEA komt uit op een veel hogere jaarlijkse netto-uitstoot van CO_2 dan de EU-25 zich momenteel voorneemt (namelijk, een *verdere* daling tot 2020 met 15% tot 30%). Een dergelijke daling kan waarschijnlijk alleen via CDM-achtige investeringen elders worden gerealiseerd.

Ook klimaatbeleid buiten Kyoto

De reductie van het Alternatief Scenario ten opzichte van een BAU-scenario ligt volgens het IEA in Noord-Amerika (de VS) in dezelfde orde van grootte als in de EU en China. In zowel de VS en Canada als in de EU verbetert de energie-efficiëntie even snel en *vermag Kyoto in elk geval geen merkbaar verschillende uitkomst opleveren*. Deze verwachtingen zouden het in beleidsdiscussies veelal gesuggereerde scherpe contrast tussen de VS en de EU kunnen relativeren.

Bij het bovenstaande kunnen wel enkele kanttekeningen worden gemaakt. De CO_2-uitstoot groeit in de VS harder dan in de EU en vanaf een niveau dat, welke ratio men ook neemt, al in 1990 veel hoger lag per eenheid dan in de EU of Japan. Deze groei wordt onder meer veroorzaakt door een hogere welvaartsgroei en bevolkingsgroei. Verder blijkt China wel degelijk klimaatmaatregelen te nemen. In 2005 is bijvoorbeeld een standaard ingevoerd voor hogere brandstofefficiëntie van nieuwe auto's die tussen de strenge norm van de EU en de mildere norm van de VS in ligt.

Energie-efficiëntie van groot belang

Een gedurige verbetering van de energie-efficiëntie is bij elk van de Grote Acht (met uitzondering van Brazilië) een belangrijke motor voor emissiereductie. Veel van deze verbeteringen komen tot stand door incorporatie van nieuwe technieken in nieuwe investeringen in krachtcentrales, industriële processen en vervoer. Diffusie en het beïnvloeden van investeringsstromen (en hun timing) dienen dus centraal te staan in elk klimaatbeleid. Niet zelden is dit gekoppeld aan nevenbaten van klimaatbeleid zoals lokaal leefklimaat, waardoor ook in arme landen draagvlak bestaat voor geavanceerde standaarden en efficiëntere processen.

Tabel 5.1 Kernindicatoren voor de belangen van grote spelers

	CO_2 (a) uitstoot nu	CO_2 (b) uitstoot 2030	CO_2-alt uitstoot 2030 (c)	prim. energie efficiëntie 2030 (d)	vraag naar prim. energie (e)		
					Wat?	(2002)	± p.j. (2030)
Noord Amerika (f)	6480 Mt	8596 Mt	7135 Mt	1,3% p.j.	Kolen	21%	0,5%
		(+33%)	(-19%)		Olie	40%	1,1%p.j.
					Gas	24,1%	1,3%p.j.
					Nucl.	8,6%	0
EU-25 (9)	3740 Mt	4488 Mt	3725 Mt	1,3% p.j.	Kolen	17,9%	-0,4%
		(+20%)	(-17%)		Olie	38,3%	0,5%
					Gas	23%	1,8%
					Nucl.	14,6	-1,9%
Japan + Korea	1647 Mt	1984 Mt		0,9% p.j.	Kolen	20,2%	0,5%
		(+20 %)			Olie	29,5%	0,4%
					Gas	12,2%	2,5%
					Nucl.	15%	1,7%
China	3307 Mt	7144 Mt		2,3% p.j.	Kolen	57,4%	2,3%
		(+116 %)	(-21%)		Olie	19,9%	3,4%
					Gas	2,9%	5,4%
					Nucl.	0,1%	9,2%
					Biom.	17,4%	0,3%
					Hydro	2%	3,4%
India	1016 Mt	2254 Mt	2096 Mt	2,3% p.j.	Kolen	32,7%	(35,9%)
		(+122%)	(-7%)		Olie	20,9%	(26,2%)
					Gas	3,6%	(7,8%)
					Nucl.	0,2%	(2,9%)
					Biom.	34,5%	(21,3%)
					Hydro	6,4%	(5,8%)
					(afgerond)		(aandelen)
Brazilië	302 Mt	665 Mt	547 Mt	0,5% p.j.	Kolen	6,9%	1,9%
		(+120%)	(-18%)		Olie	46,8%	2,4%
					Gas	9,6%	5,8%
					Nucl.	2,1%	2%
					Biom.	24,5%	1,2%
					Hydro	13,3%	2,2%
Indonesië	303 Mt	783 Mt			Kolen	12 %	4,6%
		(+158%)			Olie	36 %	2,9 %
					Gas	21 %	3,5 %
					Biom.	26 %	0,2 %
Rusland	1488 Mt	2062 Mt	1879 Mt	± 1,5 % p.j.	Kolen	17 %	0,3 %
		(+39%)	(-17%)		Olie	21 %	1,6 %
					Gas	53 %	1,5 %
					Nucl.	6 %	0,9 %

Bron: Alle gegevens (berekend) uit IEA, 2004, World Energy Outlook en Annexen *Noten*: (a) 2002, energiegerelateerde CO_2 uitstoot; (b) idem, 2030; (c) idem, in IEA Alternatief Scenario (specificatie op pp. 387-397); let wel, daling vergeleken met gewone scenario in vorige kolom; (d) primaire energie-efficiëntie, verbetering per jaar tot 2030 (in %); (e) elektra inputs = primaire vraag naar energie, naar

Aandachtspunten

- olie/gasprijzen hoog (ook aan de pomp), gunstig voor kolen (en nucleair?)
- netto-invoer van het totale energieverbruik verdubbelt van 14% tot 27%
- hernieuwbare energie (ex. hydro) van 4,3% naar 6,7% (2030)

- switch-back naar kolen zwakker (dan in VS) omdat kolen (ook) duurder zijn geworden, o.a. door lange afstand vervoer
- hernieuwbare energie (ex hydro) hooguit 9,7% in 2030
- extreme invoerafhankelijkheid in olie (94% van de vraag in 2030) en gas (explodeert van 49% naar 81%)

- extreme invoerafhankelijkheden in olie, gas en kolen
- kernenergie neemt toe van 15% tot 18% (2030)
- hernieuwbare energie (ex. hydro) slechts 4% in 2030, ondanks beleid

- energiebesparing is topprioriteit in nieuwste 5-jarenplan
- invoerafhankelijkheid in olie (van 28% in 1998, via 37% in 2003) stijgt naar 74% in 2030
- financiering ($2000 miljard) van de toename van het aanbod van elektra niet gehinderd door (hoge) binnenlandse besparingen, wel door forse andere obstakels
- kolen domineren als input voor elektriciteit (verdrievoudiging in TWh tot 2030) met 77% in 2002 en 72,4% in 2030; de vraag is of dat niet nog hoger wordt indien olie-/gasprijzen hoog blijven

- veel kolen, maar van slechte kwaliteit
- biomassa versnelt elektrificatie in afgelegen gebieden
- voor auto's, biobrandstof en CNG belangrijk en bewust bevorderd
- lokale vervuiling zeer ernstig (kansen voor co-benefits?)

- hydro domineert elektra-aanbod (met 80% in 2002!); droogterisico
- biomassa van betekenis voor industrie en vervoer (auto's van 13% naar 16% in 2030)
- lage koolstofintensiteit zeer gunstig, maar de langzame verbetering van energie-intensiteit juist zwak
- niet afhankelijk van olie-/gasinvoer (verbetert eerder tot 2030)
- klimaatbeleid tot nu toe streng o.a. door staatsmonopolies en strikte energieregulering; wordt inmiddels vrijer/geopend
- let op: indien land-use CO_2 meegerekend, Brazilië wel grote immissie

- grootste LNG exporteur; 3e grootste kolenexporteur, maar Indonesië wordt netto-olie-importeur (!)
- kolen dominant voor elektriciteit (van 40% naar 55% in 2030)
- stijgende gasexporten en gas aandeel voor elektra van 22% naar 25%
- slecht investeringsklimaat zal investeringen in energie drukken
- let op: indien land-use CO_2 meegerekend, Indonesië wel grote immissie

- ondanks hoge Russische spaarzin (37%), vereiste energie-investeringen ($935 miljard tot 2030) wellicht niet financierbaar
- uitvoeraandelen in kolen, gas, olie nemen eerst toe, dan af naar 2030
- koolstofintensiteit grote zorg: uitstoot CO_2 per eenheid BBP meer dan dubbele van OESO, en van dat van ontwikkelingslanden; uitstoot per persoon is extreem hoog
- lage prioriteit (lokaal en globaal) milieubeleid, ook voor nucleair
- Kyoto en J.I. zullen milieubeleid enigszins afdwingen

energiebronnen, waarbij eerst de aandelen in 2002 en in de kolom ernaast de verwachte groei, per jaar, in %, tot 2030 m.u.v. India; (f) Noord Amerika = VS, Mexico en Canada omdat alleen in deze opstelling alle gegevens vergelijkbaar zijn; (g) de daling hier is voor OESO-Europa, hetgeen niet exact overeenkomt met de EU-25.

Kernenergie wordt niet overal vies gevonden

Alleen in de EU en enigszins in de VS staat kernenergie onder druk. Elders wordt kernenergie in meer of mindere mate bevorderd (behalve in Indonesië). Vooral China ziet kernenergie als secundair middel (naast de nadruk op kolen) om de energiezekerheid te vergroten. Binnen de EU wordt zeer uiteenlopend gedacht over kernenergie en dienovereenkomstig gehandeld. (zie bijlagen 6, 9 en 10).

Nederland beschouwt het onopgeloste kernafvalprobleem als een bedreiging voor het *global common good* van het wereldmilieu op de zeer lange termijn. Verder bestaan er zorgen over de veiligheid van centrales en over kerncentrales als potentieel doel van of leverancier voor terroristen. De forse invoer van elektriciteit uit Frankrijk maakt van Nederland een *free rider*, wat de geloofwaardigheid van de motieven aantast. Dat Nederland kernenergie tot nu toe niet beschouwde als een van de antwoorden op de kwetsbaarheid bij energiezekerheid, kan gevoeglijk aan de comfortabele gasvoorraad toegeschreven worden. Alleen al om die reden zal het tot nu toe gehuldigde Nederlandse standpunt om kernenergie af te bouwen, niet in veel landen worden nagevolgd. Dat kernenergie grotendeels koolstofvrij wordt geproduceerd, heeft in Nederland decennialang niet als doorslaggevend argument gewerkt en de regering heeft pas begin 2006 aangekondigd (meer) kernenergie te overwegen, onder andere wegens het koolstofvrije karakter en de grotere energiezekerheid. De argumenten energiezekerheid en klimaat hebben het Verenigd Koninkrijk er onlangs toe gebracht zijn positie over kernenergie drastisch te herzien. Het debat is eveneens heropend in diverse andere landen.

Voor de mondiale coördinatie van mitigatie is het irrelevant of Nederland wel of geen kernenergie produceert, daarvoor is een eventuele bijdrage veel te klein. Bovendien is het onwaarschijnlijk dat het Nederlandse standpunt over kernenergie invloed zal hebben op de afwegingen die andere landen binnen en buiten Europa momenteel maken. De bereidheid van Nederland om voor andere mitigatie-instrumenten te betalen, is namelijk bovengemiddeld en de Nederlandse gasbronnen zijn uniek.
Kernenergie kan en zal de komende dertig jaar een bijdrage leveren aan mondiale mitigatie, met of zonder Nederland, maar het aandeel ervan in de primaire energievoorziening zal in de wereld vermoedelijk niet eens op peil blijven, ondanks nieuwe centrales (zie hoofdstuk 4). Mocht de bereidheid om in kernenergie te investeren fors toenemen, wegens de koppeling van klimaatbeleid en energiezekerheid, dan zou enige extra mitigatie op wereldvlak kunnen worden bereikt. In de wereldwijde coördinatie zou deze inspanning dan ook moeten worden gehonoreerd.

Kolen vormen een cruciaal issue

De vraag naar olie ten behoeve van het transport is vooral in China sterk gestegen. De grote vraag en de beperkte productiecapaciteit jagen de prijs op. Als gevolg daarvan neemt de druk (verder) toe om voor de elektriciteitsproductie kolen te gebruiken. China heeft een koleneconomie die dus bedreigend kan zijn

voor gecoördineerde mitigatie (tenzij CCS tegen redelijke kosten kan worden ingevoerd). Verder zijn bijvoorbeeld ook de VS, Canada, Oekraïne, Zuid-Afrika, India en Rusland in meerdere mate koleneconomieën dan de EU: kolen zijn er goedkoop en overvloedig aanwezig en worden dan ook meer aangewend.

Sommige economieën hebben heel speciale eigenschappen

Niet de EU of Japan, maar Brazilië komt er het beste uit in termen van CO_2-emissie per BBP per hoofd. Brazilië dankt deze positie aan het hoogste hydroaandeel in elektriciteit in de wereld, aan omvangrijk gebruik van biomassa (onder andere in vervoer) en aan een klein aandeel van kolen in de energievoorziening. Dat laat meteen zien dat deze gunstige positie niet zonder meer elders kan worden gekopieerd.

Er zijn ook minpunten voor Brazilië. Het aandeel van olie is hoog en de verwachte trend verandert daar weinig aan. De energie-efficiëntie verbetert jaarlijks met slechts 0,5 procent, opvallend trager dan alle andere landen in de tabel 5.1. Ook leidt de ontbossing in Brazilië tot een veel negatiever beeld, want dat beïnvloedt sterk de netto jaarlijkse uitstoot (zie hoofdstuk 4). Ten slotte is het ethanolprogramma voor auto's afgezwakt, hetgeen, in de marge, ethanol onaantrekkelijk kan maken zodra de olieprijs flink zou dalen.

Rusland scoort dramatisch slecht. Door de redelijk ogende jaarlijkse verbetering van de energie-efficiëntie van 1,5 procent halveert in 2030 de energie-intensiteit bijna vergeleken met 2002, maar zelfs dan zal die tweeënhalf keer zo hoog zijn als het OESO-gemiddelde. De oorzaak moet worden gezocht in een combinatie van (nog steeds) irrationele binnenlandse energieprijzen, veel te zwakke marktgerichte hervormingen, achterblijvende vervangingsinvesteringen (die hoog scoren op energie-efficiëntie) en het (over)gewicht van de energiesector in de Russische economie.

Ook Indonesië scoort slecht, maar daar verhullen de armoede en onderontwikkeling het beeld. De crisis tussen 1997 en 2003 leidde tot nog massalere *slash and burn*. Het gebruik van biomassa is uitsluitend toe te schrijven aan armoede. De groei van CO_2-uitstoot tot 2030 is de hoogste van alle in tabel 5.1. De inmiddels toegestane buitenlandse investeringen in energie komen er alleen indien het investeringsklimaat verbetert.

Voor Japan en Korea verwacht het IEA dat tegen 2030 de jaarlijkse CO_2-emissies afvlakken, deels door rigoureuze efficiëntiemaatregelen, deels door nadruk op gas en kernenergie, maar deels ook door geringere groei en vergrijzing.

China ontwikkelt zich snel. Het hoge aandeel biomassa neemt af. De energie-efficiëntie verbetert (net als in India) zeer snel. China is bezorgd over de snel toenemende invoerafhankelijkheid van energie en heeft krachtig beleid ingezet om dit af te remmen, hetgeen vrijwel zeker ook een gunstig neveneffect op de jaarlijkse netto-uitstoot zal hebben.

5.3.2 DE POSITIE VAN DE VERENIGDE STATEN

Hierna komen achtereenvolgens de structurele kenmerken van de VS-economie, de houding tegenover milieuproblemen en het feitelijke klimaatbeleid aan de orde. In deze korte paragraaf kan geen recht worden gedaan aan de complexiteit van de casusbeschrijving. Voor een uitgebreidere behandeling wordt de lezer verwezen naar bijlage 9.

Structurele kenmerken van de Amerikaanse economie

Uit tabel 5.1 blijkt dat de structuur van de VS-economie beduidend afwijkt van die van Europa. De helft van de elektriciteitsproductie loopt op kolen; een vijfde op kernenergie. Het vervoer gebruikt veel olie en er is een groot landbouw- en bosareaal. Dat laatste biedt mogelijkheden voor verdere bebossing en bevordering van biomassa.

De VS hebben grote en gemakkelijk te delven kolenvoorraden voor misschien wel tweehonderd jaar. Energiezekerheid en de prijzen van olie en gas maken exploitatie nagenoeg onontkoombaar. Tegen de lokale milieubelasting van kolen (vooral SO_2) zijn tal van maatregelen genomen. De vraag is of dat ook voor CO_2 kan. De kosten van de toepassing van CCS liggen veel lager voor nieuwe dan voor bestaande centrales. CCS zal dus waarschijnlijk hoogstens geleidelijk worden toegepast, en alleen indien de concurrentiepositie niet of nauwelijks wordt aangetast.

Het aantal kerncentrales neemt niet meer toe sinds bijna 25 jaar. Ook in de VS zijn de enorme kapitaalsinvesteringen het belangrijkste struikelblok voor private toetreding tot de markt. Daarnaast lijkt de prijs per kWh nog steeds niet concurrerend vergeleken met kolen- en gasinstallaties, maar de hoge olieprijs kan kernenergie wel concurrerend maken. De VS hebben beperkte voorraden uranium, maar daarvan is wel een goed gespreid aanbod in de wereld.

De VS hebben een auto-economie. De vervoerssector consumeert meer energie dan de industrie en de groei is er hoger. De consumptie groeit tot 2030 met 1,3 procent per jaar. Daar komt bij dat de uitgangspositie van de VS beduidend ongunstiger is dan die van bijvoorbeeld Europa of Japan, door een hoog brandstofverbruik en weinig openbaar vervoer. Dat laatste maakt het moeilijk draagvlak te vinden voor een prijsbeleid om het verbruik terug te dringen. Tot nu toe zijn de kosten voor consumenten verborgen gehouden door regulering onder de noemer van (geforceerde) technologische vooruitgang.

Energiezekerheid heeft voor supermacht VS een zeer hoge prioriteit, maar dit doel staat onder grote druk. Volgens het IEA zal de externe energieafhankelijkheid groeien van 14 procent in 2002 naar 27 procent in 2030. Tot welke beleidsreactie dit op lange termijn zal leiden, is nog onduidelijk. De kortetermijnreactie na orkaan Katrina en de naweeën ervan (in de olie-industrie) duiden op grote gevoeligheid. Niettemin is het contrast met de Europa frappant: in 2030 is hier de

importafhankelijkheid voor gas gestegen tot boven 70 procent, voor olie zelfs tot 90 procent.

De houding tegenover klimaatproblemen

Het Amerikaanse volk blijkt niet onverschillig over klimaatwijziging en GHG's, maar er is wel een cultuurverschil met Europa. Er zijn bijvoorbeeld geen groene partijen en er is veel weerstand tegen belastingen. Milieu wordt belangrijk gevonden. SO_2 wordt effectief bestreden en de VS hebben (mede)leiderschap getoond bij het Montreal-verdrag over ozon. Ook de steun voor de UNFCCC is consistent. Er wordt veel geïnvesteerd in vergroting van de kennis over het klimaat.

Er is een duidelijk verschil tussen het federale en het statelijke niveau en tussen staten onderling. Aan de Oost- en Westkust zijn er staten die verdergaand klimaatbeleid voeren en zelfs een emissiehandelssysteem willen opzetten. Op federaal niveau bepaalt de unaniem aangenomen Bird/Hagel-resolutie (1997) het beleid. Hierin verklaart de Senaat zich voorstander van mitigatiebeleid, maar verbindt twee voorwaarden aan internationale verplichtingen, namelijk "no substantial harm to the US economy" en de notie dat *alle* UNFCCC-landen (uiteindelijk, maar wel vastgelegd) aan mitigatieverplichtingen dienen te voldoen.

Aanpassing aan klimaatverandering wordt in de VS (al of niet terecht) als een serieuze optie gezien. Onderhandelaar Watson zei hierover op 3 december 2004 in Buenos Aires, tijdens de negende Conference of the Parties (COP-9): "The US is blessed enough to have a rather robust adaptive capacity."

Het huidige klimaatbeleid van de VS

In tegenstelling tot wat in Europa vaak gedacht wordt, wijkt de positie van de Bush-administratie slechts in beperkte mate af van die van eerdere regeringen. De verschillen zitten meer in de retoriek dan in de inhoud. Bovendien lijkt de bereidheid tot een actiever klimaatbeleid toe te nemen.

Het Kyoto-protocol is door president Bush in 2002 formeel afgewezen. In plaats daarvan bestaat het klimaatbeleid uit drie hoofdsporen. Het eerste is mitigatie op basis van een intensiteitsdoel: 18 procent emissiereductie per BBP in de periode 2002-2012. Daarbij nemen de emissies wel toe, maar veel minder dan in een BAU-scenario. Groei is belangrijker dan klimaat. Het tweede spoor is een groot vertrouwen in technologische oplossingen en een uitgebreid programma voor wetenschap en technologieontwikkeling. En ten slotte is er internationale samenwerking die gericht is op (schone) economische groei en technologieontwikkeling.

Hoewel de VS zich hebben ingespannen om in het Kyoto-protocol het marktconforme instrument van emissiehandel op te nemen, en hoewel op kleinere schaal ook binnen de VS met dit instrument wordt gewerkt, is binnenlandse regulering het belangrijkste instrument. Ook portefeuillebenaderingen komen voor, bijvoor-

beeld met betrekking tot hernieuwbare energie. Deze benadering is minder doelmatig dan emissiehandel, maar een emissieplafond blijft buiten beeld.

5.3.3 DE POSITIE VAN CHINA

Hierna komen achtereenvolgens de structurele kenmerken van de Chinese economie en het feitelijk klimaatbeleid aan de orde. In deze korte paragraaf kan geen recht worden gedaan aan de complexiteit van de casusbeschrijving. Voor een uitgebreidere behandeling wordt de lezer verwezen naar bijlage 10.

Structurele kenmerken van de Chinese economie

China is bezig de EU-25 te passeren op de ranglijst van (absolute) CO_2-vervuilers en wordt zo na de VS de tweede vervuiler. Het aandeel in de wereldwijde CO_2-emissies groeit van 14 procent in 2002 tot 19 procent van een veel groter totaal in 2030. Het primaire energieverbruik bestond in 2002 voor 57 procent uit kolen, voor 20 procent uit olie en voor 17 procent uit biomassa. Chinese biomassa komt vrijwel uitsluitend voort uit onderontwikkeling. Ondanks de snelle ontwikkeling in de steden is China voorlopig nog een rurale maatschappij. Het IEA verwacht dat het aandeel van biomassa in het primaire energieverbruik in 2030 zal halveren tot 9 procent.

Kolen zullen dominant blijven, met name in de elektriciteitsvoorziening, want China heeft grote voorraden en kolen zijn goedkoop. Ze hebben wel twee steeds meer gevoelde nadelen: luchtvervuiling en onveiligheid in de mijnen. Voor mitigatie zal het kolenprobleem allesoverheersend blijven. China blijkt zeer geïnteresseerd in CCS en zoekt samenwerking met onder andere de VS op dit terrein. Experimenten met vormen van CCS en nieuwe investeringen in kolenvergassing (dat CCS gemakkelijker en goedkoop maakt) staan daarbij voorop.

De economische structuur verschilt sterk van die van de EU en de VS. De industrie produceerde in 1998 75 procent van de CO_2-uitstoot en het vervoer slechts 9 procent. De industrie zal voorlopig de belangrijkste sector blijven. In de komende decennia zullen staatsondernemingen in een lang inhaalproces geprikkeld worden tot grotere efficiëntie, die meestal ook energie-efficiëntie inhoudt. Met de welvaartsgroei zal naar verwachting het (auto)vervoer exploderen, met de bijbehorende emissies; de eerste tekenen daarvan zijn reeds waar te nemen.

China heeft grote zorgen over de snel toenemende afhankelijkheid van ingevoerde energie. Daarom wordt naast het gebruik van kolen gezocht naar diversificatie. In volgorde van groeisnelheid (vanuit een kleine basis) gaat het daarbij om kernenergie (9,2% per jaar), aardgas (5,4% per jaar) en grote hydroprojecten (3,4% per jaar). Deze diversificatie zal klimaatbaten opleveren, maar die zijn niet voldoende om te compenseren voor de hoge economische groei.

De hoge groei wordt getemperd door de demografische ontwikkeling. Door het eenkindbeleid zal de enorme Chinese bevolking in de komende decennia sterk

vergrijzen. Zonder dit demografische beleid zou het emissieprobleem aanzienlijk groter zijn.

Het huidige klimaatbeleid van China

China heeft de UNFCCC en het Kyoto-protocol geratificeerd, maar dit legt aan China geen kwantitatieve verplichtingen op. Dat wil niet zeggen dat er geen klimaatbeleid is.

Zoals tabel 5.1 laat zien, is de verbetering van de energie-efficiëntie met 1,5 procent per jaar hoog voor een zich snel ontwikkelend land. Dit is het gevolg van allerlei direct en indirect beleid. De wet op energiebesparing van 1998 bevat tal van maatregelen die energieverspilling tegengaan en modernisering van machines en energieverbruik van industrieën bevorderen. Ook subsidies op kolen en andere energie zijn verminderd of afgeschaft. Daarnaast bevorderen de geleidelijke overgang naar een markteconomie en investeringen van multinationals de (energie-)efficiëntie.

De prioriteit ligt in China bij economische groei en externe energiezekerheid. Maar het land is bereid gebleken fors te investeren in *no regret*-beleid van allerlei aard in lijn met deze prioriteiten. Daarnaast poogt de centrale overheid wegens grote lokale milieuproblemen het beginsel dat de vervuiler betaalt in te voeren, tegen alle weerstand van lokale belangen en wijdverbreide corruptie in. In het vervoer zijn inmiddels brandstofnormen ingevoerd, die qua striktheid het midden houden tussen de Amerikaanse en de strengere EU-normen. Het stadsvervoer in de zeer grote steden schakelt momenteel over op aardgasbussen. Het aandeel klimaatneutrale energie (wind, zon, hydro en kernenergie) neemt langzaam toe. En ten slotte is er een steeds intensievere samenwerking met de VS en (in mindere mate) de EU voor de ontwikkeling van nieuwe technologieën zoals CCS, kernenergie en waterstof. Het IEA verwacht dat het klimaatbeleid in de komende periode verder zal worden uitgebouwd in de vorm van efficiëntienormen, belastingfaciliteiten voor investeringen in nieuwe technologieën en beperkingen op het gebruik van kolen.

5.3.4 DE POSITIE VAN DE EUROPESE UNIE

In deze paragraaf draait het om de *strategische* positie van de EU. Het feitelijke klimaatbeleid van de EU is reeds geschetst in hoofdstuk 2.

Het Europese klimaatbeleid is begonnen in 1991, met de eerste maatregelen gericht op CO_2-reductie en energie-efficiëntie. De EU-12, en wellicht nog sterker de EU-15 (vanaf 1995), heeft consequent gepoogd een relatief ambitieus klimaatbeleid te voeren als vervolg op de stellingname in Rio in 1992.

De EU heeft zichzelf een leiderschapsrol aangemeten. In 1996, een jaar voor het Kyoto-protocol, nam de Europese Raad van regeringsleiders de 2 °C-doelstelling aan (zie paragraaf 2.4.2). Andere landen in de wereld werden en worden gestimu-

leerd deze doelstelling na te volgen, zonder al te veel vrees voor verlies van concurrentievermogen en met de zekerheid dat de kosten van mitigatie, indien de EU zo standvastig is, kleiner zullen zijn voor iedereen. In maart 2005 heeft de Europese Raad dit streven herbevestigd. Dit zelfverklaarde leiderschap is herhaaldelijk getest op zijn standvastigheid, doordat andere grote spelers afhaakten (met name de VS in Kyoto) dan wel liftersgedrag vertoonden (bijvoorbeeld geen enkele harde verplichting onder het Kyoto-protocol voor ontwikkelingslanden, waaronder China en India, maar ook minder arme 'ontwikkelingslanden'). De EU heeft in Kyoto doorgezet, hoewel de geringere deelname uiteraard de kosten per vermeden ton CO_2 opdreef. Tijdens de Europese Raad van 2001 in Gotenburg is de definitieve Amerikaanse afwijzing van het Kyoto-protocol (kort daarvoor) beantwoord met een ferme handhaving van het beleid, expliciet op basis van de geloofwaardigheid van het Europese leiderschap. Recentelijk is niet zozeer het leiderschapsidee als zodanig aangevallen in de EU – velen erkennen dat waar een wereldwijd publiek goed moet worden verwezenlijkt, leiderschap liftersgedrag kan verminderen of voorkomen – maar wordt de vraag klemmender gesteld tegen welke kosten het Europese leiderschap wel en niet dient te worden uitgeoefend.

Tabel 5.2 somt de belangrijkste strategische uitgangspunten op die het huidige EU-klimaatbeleid bepalen. Sinds het Kyoto-protocol is aanvaard, heeft de daarbijbehorende kwantitatieve doelstelling het klimaatbeleid steeds meer beheerst via de binnen de EU overeengekomen nationale taakstellingen. Centraal daarbij staat de beslissing (richtlijn van 2003) om de EU-taakstelling te verbinden met een emissiehandelssysteem, iets waar de EU in Kyoto nog aarzelend en sceptisch tegenover stond. Daarnaast zijn complementaire specifieke maatregelen nodig, omdat een efficiënt emissiehandelssysteem nooit alle sectoren volledig kan dekken zonder de transactiekosten op te jagen. Maar er ijlt ook nog veel specifiek beleid na dat naast een emissiehandelssysteem overbodig of minder kosteneffectief is.

Het emissiehandelssysteem van de EU is een grondig uitgewerkte versie, die als voorbeeld in de wereld geldt. Canada en Japan hebben bijvoorbeeld op de EU gewacht met de invoering van hun systemen. Ook voor de Internationale Emissiehandel (IET), het handelssysteem tussen de Kyoto-partijen dat in 2008 aanvangt, vormt het interne systeem van de EU een welkome ervaring. Echter, in termen van CO_2-mitigatie blijft het vooralsnog een bescheiden vingeroefening. Mede daarom zal de CO_2-prijs die wordt verwacht niet hoog genoeg zijn om nieuwe technologie te stimuleren, wel om kortetermijnverbeteringen in energie-efficiëntie en dergelijke af te dwingen. Momenteel (begin 2006) beweegt de CO_2-prijs zich tussen 20 en 25 euro per tCO_2-equivalenten, met een enkele uitschieter naar boven (gegevens zijn te zien op www.pointcarbon.com). Deze prijs ligt een stuk hoger dan in de eerste maanden van de EU-emissiehandel. De vermoedelijke reden is een onderliggend substitutieproces. Vanwege de hoge gasprijs, die immers gekoppeld is aan de huidige hoge olieprijs, vindt er substitutie plaats van gas naar kolen, die meer CO_2 uitstoten en dus meer vraag naar emissierechten uitlokken, waardoor de CO_2-prijs stijgt.

Tabel 5.2 Strategische uitgangspunten van het Europese klimaatbeleid

Algemeen	– Multilateraal en EU-leiderschap (besluit Raad 2001) – Duurzaamheidscontext (besluit Raad 2001; EG-verdrag) – Relatief decentraal (gedeelde competentie van EU en lidstaten)
Mitigatiedoelen	– Langetermijndoel mondiaal: minder dan 2°C stijging ten opzichte van het pre-industrieel niveau – Doel voor 2012: 8% GHG-reductie ten opzichte van 1990 (conform Kyoto-protocol 1997) – Kyoto-doelen verschillen per lidstaat, door interne lastenverdeling (1998), wegens verschillen in marginale mitigatiekosten en in levensstandaard tussen lidstaten – Doel voor 2020: 15%-30% reductie ten opzichte van 1990; kosten-batenanalyses (besluit Raad 2005)
Kosten	– Tot 2012 alleen maatregelen beneden 20 euro per ton vermeden CO_2 (conform Europese klimaatstrategie van 2001, ECCP) – Soms bewust hogere kosten, met 'bevordering van transitie' als reden
Technologie	Technologie en klimaatwetenschap worden krachtig bevorderd; drijvers: bedrijfsleven en de VS-initiatieven

Bron: WRR

5.3.5 DE POSITIES VERGELEKEN

Tabel 5.3 geeft een samenvatting van de hoofdpunten voor de drie grote spelers.
Bron: VROM (2005a), bewerking WRR
Daarmee is het beeld niet volledig, maar er kunnen uit deze casusbenadering wel enkele conclusies worden getrokken: (a) Een klimaatbeleid kan niet om de belangen van energiezekerheid en economische groei heen. De belangen van energiezekerheid lopen deels parallel met die van het klimaatbeleid, voor zover het gaat om maatregelen in de sfeer van efficiëntie. (b) Het beginsel dat de vervuiler betaalt, dat effectief is bij het bestrijden van 'gewone' lokale milieuproblemen zoals SO_2, kan nevenbaten opleveren voor het klimaatbeleid. (c) Er is overeenstemming over de richting van het klimaatbeleid en over de oplossingsroute via technologie. (d) De voorwaarden voor harde verplichtingen van de verschillende spelers zijn voorlopig onverenigbaar, ondanks het lege veld bij de EU (met andere woorden: de EU gaat uit van onvoorwaardelijkheid, hoewel voorafgaand aan COP-11 in Montreal de EU wel enige voorwaardelijkheid begon in te bouwen). Een brede coalitie met harde verplichtingen lijkt daarmee een doodlopende weg. (e) De verenigde verzamelingen van doelen en middelen daarentegen zijn niet leeg. Er is dus ruimte voor klimaatbeleid en wel bij elk van de spelers.

Tabel 5.3 Belangen en posities van drie grote klimaatspelers

	Verenigde Staten	China	Europese Unie
Belang van klimaatbeleid	- 'Best belangrijk' - Verschillen tussen federale en statelijke overheden	- Hoge groei is eerste prioriteit	- Speerpunt van voorzorgsbeginsel staat centraal - Leiderschap ondanks kosten
Doelen	- Mitigatie via intensiteitdoelen - Kosteneffectiviteit staat centraal	- Lokale milieuvervuiling is urgent probleem om aan te pakken	- 2°C-doelstelling is tamelijk heilig
Middelen	- Technologieoplossingen hebben verre de voorkeur	- Vervuiler begint te betalen omdat lokale opschoning co-benefits heeft voor klimaat	- Koolstofmarkten en emissiehandel staan voorop - Technologiebeleid is aanvullend - Optimisme over hernieuwbare energie - Steeds meer oog voor kosteneffectiviteit, ook voor maatregelen buiten emissiehandel
Oordeel over Kyoto	- Afgewezen	- *Free ride* - Geen verplichtingen; wel CDM-mogelijkheden	- Vingeroefening - Absolute reductiedoelen, in 2020 streven naar –15 % tot –30%
Voorwaarden voor coördinatie	- Geen schade aan de VS-economie - Ontwikkelingslanden moeten meedoen	- Uitstoot per capita is belangrijk issue - Commitment ligt zo ver buiten de horizon dat formele voorwaarden ontbreken	
Aanpassing	- Serieuze optie	- Nog weinig over nagedacht	- Steeds meer aandacht, ook ondersteuning aan arme landen
Energiezekerheid	- Hoge prioriteit - Kolen zijn ruim beschikbaar - Nucleaire energie is serieuze optie	- Na groei belangrijkste doel - Koleneconomie - Diversificatiepogingen via hydro- en nucleaire energie - Groei van olie-invoer wegens wagenpark	- Opkomende prioriteit - Nucleaire energie wordt soms in diskrediet gebracht - Grenzen van hernieuwbare energie zijn in zicht
Uitgangspositie	- Hoge emissie per capita - Middelhoge emissie per BBP - Middelhoge economische groei	- Lage emissie per capita - Hoge emissie per eenheid BBP - Zeer hoge economische groei - Demografie is een weinig onderkende rem op emissiegroei	- Hoge emissie per capita - Lage emissie per BBP - Lage economische groei

Bron: WRR

5.4 INSTITUTIES EN STRATEGISCHE OPTIES VOOR MONDIAAL KLIMAATBELEID

De uitgangsposities en belangen met betrekking tot het klimaatbeleid verschillen sterk tussen landen. De te verwachten economische en demografische groei maakt de wenselijke vermindering van netto-uitstoot tot een enorme opgave. Bovendien zijn de onzekerheden groot en vraagt de lange termijn een ver vooruitziende blik. Allemaal redenen om op korte termijn niet te veel te verwachten van institutionele oplossingen. Om de strekking van deze beperkingen te laten zien wordt allereerst in paragraaf 5.4.1 een vergelijking getrokken tussen het klimaatprobleem en het ozonprobleem. Met deze lessen worden vervolgens de mogelijkheden van diverse strategische opties verkend. Paragraaf 5.4.2 geeft aan hoe op de UNFCCC kan worden voortgebouwd als basis voor internationale coördinatie. Maar de vorige paragraaf heeft ook laten zien dat het te veel gevraagd is om te verwachten dat op korte termijn een breed gedragen nieuw Kyoto II-verdrag met vergaande mitigatieverplichtingen kan worden overeengekomen. Daarom is naast de Kyoto-benadering een veelkleurige flexibiliteit nodig (paragraaf 5.4.3), waarin internationale klimaatinitiatieven zichtbaar kunnen worden gemaakt en gecoördineerd, alsmede een verbetering van de institutionele dimensie (paragraaf 5.4.4). De keerzijde van veelkleurige flexibiliteit is vrijblijvendheid. Coalitievorming en leiderschap van coalities en binnen coalities (paragraaf 5.4.5) zijn nodig om die vrijblijvendheid te verminderen.

5.4.1 MONTREAL VERSUS KYOTO

Het Montreal-verdrag (1988) heeft gewerkt. De productie en het gebruik van drijfgassen die de ozonlaag beschadigen zijn in ruim tien jaar zo dramatisch afgenomen dat het probleem als opgelost kan worden beschouwd. Daarmee vergeleken is de wereldwijde coördinatie van het klimaatbeleid hoogst ineffectief. Kunnen uit het Montreal-verdrag lessen worden getrokken die het klimaatbeleid vooruit helpen? De vergelijking levert interessante overeenkomsten en verschillen op twee aspecten: de kosten-batenanalyse en de architectuur van de verdragen. De vergelijking laat zien hoe de voorwaarden voor effectieve coördinatie (paragraaf 5.2.3) in de praktijk uitwerken.

Kosten-batenanalyses

Zowel bij ozon als bij CO_2 gaat het om een mondiaal atmosferisch probleem dat schade veroorzaakt en gecoördineerde mitigatie noodzakelijk maakt. Maar de kosten-batenanalyses ten aanzien van ozon en CO_2 zijn zeer verschillend, zowel qua omvang als qua termijn. Bij het ozonprobleem was sprake van ruime nettobaten en snel dalende kosten door nieuwe technologie. Dat kwam doordat de uit te bannen drijfgassen op een beperkt aantal plaatsen en binnen de ontwikkelde landen werden uitgestoten. Bij het Montreal-verdrag waren er daardoor voor de OESO-landen per land grote nettobaten uit mitigatie op relatief korte termijn. Deze baten konden bovendien worden gerealiseerd ongeacht de kortetermijn-inspanningen van niet-OESO-landen. Kortom, mitigatie was voor de betrokkenen

lonend op korte termijn met een gering *free rider*-probleem van buitenstaanders. Weliswaar zou door verplaatsing van economische activiteit (lekkage) op langere termijn grote schade kunnen optreden, maar de samenwerking op korte termijn bood een basis voor coördinatie om de verplaatsingslekken naar de rest van de wereld af te sluiten.

De baten van CO_2-mitigatie zijn veel onzekerder dan bij ozon en worden pas op zeer lange termijn gerealiseerd in de vorm van verminderde aanpassingsproblemen. De precieze aard en omvang van eventuele klimaatschade zijn nog onduidelijk en ook de perceptie ervan loopt uiteen. Toch, hoe de kosten en baten ook zouden worden berekend, grote nettobaten *per land* zijn onwaarschijnlijk, want de GHG-emissies zijn veel breder gespreid dan die van drijfgassen. Evident is dat zonder betrokkenheid van ontwikkelingslanden op enig moment in de toekomst de mitigatiebaten in verhouding tot de kosten voor OESO-landen te klein zijn om te motiveren tot actie. Er is dus voor de OESO-landen geen unilaterale optie, en die was er wel bij ozon. De positie van de VS over de betrokkenheid van ontwikkelingslanden is even logisch als de positie van ontwikkelingslanden legitiem is (zie paragraaf 5.3.5), maar de posities zijn slecht verenigbaar en een tijdpad laat zich niet eenvoudig vastleggen vanwege alle onzekerheden. Ook de termijn van de kosten-batenanalyse werkt in het nadeel van het Kyoto-protocol: de kost gaat wel heel ver voor de baat uit.

De architectuur van het verdrag

Een vijftal kenmerken in de architectuur van het Montreal-verdrag heeft de effectiviteit geschraagd. De vraag is in hoeverre deze architectuurkenmerken kunnen worden benut bij een (toekomstig) klimaatverdrag. Het gaat om de volgende kenmerken:

- *Wereldwijde deelname.* Vanaf de eerste variant van het Montreal-verdrag waren emissieplafonds voor alle deelnemers verplicht, in tegenstelling tot het Kyoto-protocol en de vermoedelijke opvolger hiervan (Kyoto II). Dat was nodig om lekkage door verplaatsing van industrieën tegen te gaan. Het was ook mogelijk (in tegenstelling tot het Kyoto-protocol) omdat het tijdpad compacter was en financiële compensatie voor ontwikkelingslanden betaalbaar bleef.
- *Compensatie voor de kosten.* Net als het Kyoto-protocol kent het Montreal-verdrag het beginsel van *common but differentiated responsibilities*. Aan arme landen werd compensatie beloofd voor de incrementele kosten die de emissieplafonds met zich meebrachten. Bij het klimaatprobleem is een dergelijke belofte zeker honderd maal duurder. Bovendien stijgen de kosten ervan sterk als gevolg van de te verwachten economische groei van ontwikkelingslanden en als gevolg van het vooralsnog ontbreken van betaalbare (zelfs voor rijke landen) decarbonisatieopties. Beide effecten waren bij het Montreal-verdrag niet aan de orde.
- *Tijdsconsistentie ten behoeve van investeringen.* De geloofwaardigheid van de emissieplafonds onder het Montreal-verdrag was groot genoeg om er langlopende investeringen op te baseren. Het Kyoto-protocol daarentegen heeft een

beperkte geldigheidsduur (tot 2012) en een onzeker traject daarna. Dat lokt eerder kortetermijnmaatregelen uit die op langere termijn in het licht van het klimaatbeleid niet noodzakelijk doelmatig of effectief zijn. Over het vervolg moet bovendien nog onderhandeld worden, waarbij in investeringen verzonken kosten de onderhandelingspositie verzwakken, doordat ze niet meer voorwaardelijk zijn. Het Kyoto-protocol is daarmee tijdsinconsistent voor een effectief mitigatiepad.

- *Handelssancties.* Het Montreal-verdrag had geloofwaardige handelssancties tegen niet-ondertekenaars met betrekking tot specifieke substanties en producten. Deze sancties voorkomen verplaatsing van industriële activiteit en illegale handel. Ze maken bovendien liftersgedrag veel duurder dan onder het Kyoto-protocol, waardoor het ondanks emissieplafonds aantrekkelijk wordt om te ondertekenen.
- *Afdwinging.* De afdwinging van gewone internationale verdragen is doorgaans niet eenvoudig, hoewel veel milieuverdragen redelijk opgevolgd worden. Het Montreal-verdrag werd in 1992 versterkt door een wortel-en-stokbenadering.[3] Het Kyoto-protocol heeft slechts beperkte instrumenten voor afdwinging.

5.4.2 Voortbouwen op de UNFCCC

In 1992 werd de UNFCCC gesloten. Vanuit deze conventie is het Kyoto-protocol ontstaan. De klimaatconventie kan worden beoordeeld op respectievelijk het doel en de beginselen, de verplichtingen inclusief de afdwingbaarheid en de structuur van de klimaatonderhandelingen. Hierna zal blijken dat de uitgangspunten een prima basis vormen, maar dat het vooralsnog misgaat bij het voortbouwen daarop: de verplichtingen zijn mager en de organisatie van de onderhandelingen is moeizaam. In bijlage 11 is een schema opgenomen met de hoofdpunten uit deze beoordeling.

Doel en beginselen

Bijna 190 landen zijn tot de UNFCCC toegetreden, hetgeen aangeeft dat het hoofddoel en de beginselen nagenoeg wereldwijd worden gedragen. Ondanks de tekortkomingen maakt dit de UNFCCC in beginsel een geschikte basis om op voort te bouwen. Er is weinig reden om aan de doelstelling en beginselen te sleutelen, al kan over de invulling van sommige beginselen verschillend worden gedacht. Het uiteindelijke doel is het voorkomen van gevaarlijke menselijke invloed op het klimaat en een zodanige vertraging van verandering dat ecosystemen zich kunnen aanpassen. Op het beginsel van *common but differentiated responsibilities* kunnen meer operationele beginselen worden gebaseerd, zoals ‘de vervuiler betaalt’ en differentiatie naar vermogen om te mitigeren en naar speciale kwetsbaarheden (bijvoorbeeld in arme landen). Van de toekomstgerichtheid (*for the benefit of present and future generations*) kunnen de beginselen van milieueffectiviteit en doelmatigheid worden afgeleid, alsmede de erkenning dat economische groei in arme landen een legitieme prioriteit is. Economische groei moet zorgen voor een toenemend vermogen van arme landen om klimaatbeleid te voeren, waarbij op basis van de gedifferentieerde verantwoordelijkheden ook

veranderende verplichtingen kunnen worden overeengekomen. Het voorzorgsbeginsel sluit uit dat onzekerheid kan worden uitgelegd als een dwingende reden om geen beleid te voeren. De GATT-compatibiliteit voorkomt dat het klimaatbeleid wordt misbruikt voor arbitraire handelsbelemmeringen.

Verplichtingen

Mitigatieverplichtingen zijn er alleen op basis van het Kyoto-protocol voor de Annex I-landen. Omdat het Kyoto-protocol een beperkte geldigheidsduur heeft (2008-2012), is er ook geen tijdpad of mechanisme voor toekomstige verplichtingen. Dat blijft voorlopig open voor onderhandeling, waarvoor in Montreal in december 2005 een basis is gelegd.[4] Ook zijn er geen sancties voor het niet nakomen van de meeste verplichtingen uit zowel het Kyoto-protocol als uit de UNFCCC. Maar zelfs op de gesanctioneerde, maar meestal weinig verplichtende verplichtingen blijkt de UNFCCC vooralsnog zwak.

Er zijn rapportageverplichtingen opgenomen die zouden kunnen leiden tot uitwisseling, consultatie en wellicht een open debat over ieders klimaatbeleid. Maar zo eenvoudig ligt zelfs dat niet. Metingen vereisen een gevorderde en kostbare infrastructuur. Op deze elementaire onderdelen zijn de ontwikkelingslanden vrijgesteld. De rapportages over staand en voorgenomen beleid zijn voor arme landen alleen verplicht indien fondsen daarbij helpen. Dit wordt meestal ondernomen met behulp van de Global Environmental Facility, een fonds beheerd door het UNEP en de Wereldbank.[5] De fondsen schieten tekort. In Marrakesh (COP-7) zijn nieuwe fondsen opgezet die echter tot op heden niet of nauwelijks over geld beschikken.

De rapportages zouden moeten leiden tot evaluatie van het gevoerde beleid door buitenstaanders. Dat maakt inspanningen effectief en voorkomt papieren beleid. Evaluatie (onder andere onder artikel 4.2) dan wel handhaving is tot nu toe mislukt door een patstelling tussen Annex I-landen en overige landen. Gecombineerd met de zwakke rapportageverplichtingen zit hier momenteel de achilleshiel van de UNFCCC. Dat wil niet zeggen dat de informatie over ontwikkelingslanden ontbreekt (zie bijvoorbeeld Heller en Shukla 2003), wel dat de informatie niet diplomatiek onder de conventie valt.

Ook is er geen kader dat de nationale mededelingen over staand en voorgenomen beleid afzet tegen het mondiale beeld op lange termijn. Daardoor kan binnen de conventie niet worden beoordeeld hoe nationaal beleid zich verhoudt tot wat wereldwijd in een tijdpad aan mitigatie moet of zou moeten worden gerealiseerd. Voor zover de evaluaties werken, houden ze dus niet meer in dan een min of meer vrijblijvend debat over de tenuitvoerlegging van wat men eerder als voorgenomen beleid had gerapporteerd. Kortom, de bestaande evaluatiemechanismen scheppen weliswaar enige transparantie, maar zullen de onderhandelingsposities niet wijzigen.[6]

En ten slotte zijn er andere problematische verplichtingen en clausules. Op het gebied van technologieoverdracht pleiten arme landen nog steeds (wellicht tegen beter weten in) voor publiek gestuurde technologietransfer, terwijl de meeste technologie privaat is en via markten wordt overgebracht. De voorwaardelijkheid ('afhankelijk van effectieve tenuitvoerlegging door de Annex I-landen') van klimaatbeleid in conventiekader houdt Annex I-landen en ontwikkelingslanden in een wederzijdse houdgreep. De benoeming van ontwikkeling en armoedebestrijding tot 'eerste en doorslaggevende prioriteit' biedt een vluchtweg voor het ontlopen van verantwoordelijkheden. De OPEC-landen hebben een 'gifpil' in artikel 4.10 verborgen, op basis waarvan zij compensatie eisen, omdat zij zich moeilijk zouden kunnen ombuigen naar niet-fossiele alternatieven.

Bij magere verplichtingen past in zekere zin de zwakke vorm van *dispute settlement* die in de UNFCCC is opgenomen. De combinatie van deze twee kan als een signaal worden opgevat van een grote kloof tussen beginselen en effectieve verplichtingen. Over de beginselen bestaat relatief weinig verschil van mening, maar consistent doorgeredeneerd leiden de beginselen tot consequenties waarvoor landen terugschrikken. Daardoor blijft de invulling van de *common but differentiated responsibilities* in operationele verplichtingen problematisch, te meer omdat op lastenverdeling gerichte onderhandelingen een *zero sum*-achtig karakter hebben.

Niet alle verplichtingen zijn controversieel. Annex I-landen dragen veel vlotter bij aan de hoge kosten voor research, waarneming over de hele wereld (ook via satellieten, verre stations, enzovoort) en training. Vaak gebeurt dit in bilaterale overeenkomsten, soms regionaal en in een beperkt aantal gevallen ook multilateraal (waaronder Nederland). Het dient gezegd dat de VS op deze onderdelen metterdaad aanvaarden dat het publieke goed karakter van deze uitgaven (en daarmee het liftersgedrag van niet-Annex I-landen) geen reden is om over deze uitgaven met arme landen te onderhandelen; de rijke landen betalen hier tot op heden vrijwel alles.

De organisatie van de onderhandelingen

De organen van de internationale coördinatie van klimaatbeleid zijn deels formeel en deels informeel. Figuur 5.1 geeft de belangrijkste organen in beide betekenissen weer.

De UNFCCC is geen staande organisatie. De voortgang wordt beheerst door de Conference of the Parties (COP) die eenmaal of tweemaal per jaar bijeenkomt en waarin alle landen deelnemen. De COP is een onderhandelingsorgaan. Wel zijn er enkele commissies en groepen die allerlei technisch werk verrichten. De vergaderingen worden voorbereid door het secretariaat en door informele groepen. Het spreekt vanzelf dat de onderhandelingen die ertoe doen in kleine kring worden gevoerd, zij het dat terugkoppeling cruciaal (en taai!) is, want de COP werkt onder unanimiteit.

Figuur 5.1 Klimaatonderhandelingen: structuur en groeperingen

Formeel: UNFCCC

COP

(unanimiteit)

Secretariaat

(actief; geen bevoegdheden)

Partners

SBSTA (wetenschap en techniek)

SBI (analyseert 'nationale mededingingen')

groepen deskundigen
- assistentie arme landen bij rapportage
- assistentie bij 'aanpassing' voor minst ontwikkelde landen
- technologieoverdracht

MOP, voor het Kyoto-protocol (uitsluitend ratificerende landen)

GEF (Globale Milieu Faciliteit) via UNEP, Wereld Bank en nieuwe fondsen

IPCC (via WMO)

plus waarnemers

Informeel

- de Annex-1-landen (artikel 4.2, UNFCCC)
  - daarbinnen, de ratificerende Kyoto Annex-I-landen
  - de 'umbrella'-groep van 9 landen (7 Kyoto-landen waaronder EU, Japan, plus Australië en de VS)
  - EU/VS High Level Groep (heropgericht in 2005)
- groep van 77 plus China, vaak met principiële stellingnames o.a. over artikel 4.7 en Annex-I 'taking the lead' (artikel 3.1); allerlei zeer uiteenlopende groepen zoals Afrika, Latijns-Amerika, OPEC, AOSIS (zie onder)
- AOSIS, laaggelegen landen en kwetsbare eilanden; losse allianties, zeer 'ad hoc'

Bron: WRR

De vergaderingen van de COP zijn door drie oorzaken weinig productief.
In de eerste plaats zijn de vergaderingen massaal. In Buenos Aires in december 2004 waren er 6000 deelnemers; in Montreal was dat aantal in november/december 2005 voor COP-11 opgelopen tot 10.000. Weliswaar zijn duizenden hiervan geen officiële deelnemers aan de COP, wel aan het circuit eromheen, maar niettemin zijn delegaties veel te omvangrijk wegens binnenlands-politieke overwegingen.
In de tweede plaats heeft de COP in sterke mate een forumfunctie die wordt aangegrepen voor boodschappen van een binnenlands-politiek karakter, die ondertussen wel de onderhandelingen nog meer bemoeilijken. Weliswaar dwingt de massaliteit van de COP tot allianties of coalities, maar veelal gaat het daarbij om stellingnames op principiële basis, omdat een echt onderhandelingsmandaat ontbreekt. Het voorgaande maakt van de COP een soort jamboree van deskundigen en professionele belanghebbenden met een centripetale werking.
Ten slotte maakt het gehanteerde VN-model, dat iedereen over alles een stem geeft, de COP structuurloos. Er is geen gelaagdheid die prikkels verschaft om problemen op te lossen. Dit alles maakt de COP een onhandelbaar onderhandelingsgremium dat niet tot effectieve afspraken kan komen. De combinatie van zo'n gremium met een veel te algemene conventie leidt tot verspilling, traagheid, *free riders*-gedrag en veel te vage besluiten, waar enorm veel onderhandelingsenergie in moet worden gelegd.

Naast Kyoto denken zonder uit Kyoto te stappen

De post-Kyoto-onderhandelingen in de Meeting of the Parties (MOP) bieden meer perspectief dan de COP, gezien de juridische verplichtingen en de precisie van het protocol. Er is dus geen reden de Kyoto-benadering op te geven, maar des te meer om de effectiviteit van de COP te verbeteren, naast het aansturen op een beperkt vervolg op het Kyoto-protocol in de vorm van een Kyoto II-verdrag.

De effectiviteit van de COP kan worden verbeterd als in de organisatie prikkels worden ingebouwd voor samenwerking op basis van wederzijdse belangen en die erop gericht zijn dat partijen probleemeigenaar (*ownership*) worden. Dit dient bovenal te worden bereikt door zich op inhoudelijke verplichtingen te concentreren. Het zal eropaan komen binnen het kader van de UNFCCC voldoende verplichtingen van allerlei aard over een lang tijdpad effectief uit te onderhandelen en metterdaad af te dwingen. Daarbij kan veelkleurige flexibiliteit (paragraaf 5.4.3) niet worden gemist. Er is echter ook een institutionele dimensie die verbetering behoeft (paragraaf 5.4.4).

Een Kyoto II-verdrag dient een specifiek onderdeel te worden van een veelomvattender en gevarieerder palet van benaderingen, middelen en tijdpaden. Een Kyoto II-verdrag van voorlopers zal niet toereikend zijn om het klimaatprobleem op te lossen, noch om een wenkend perspectief te bieden voor andere landen; beide eigenschappen sluiten elkaar voorlopig uit. Hier ligt een analogie met de technische mitigatietrajecten. Ook daar geldt dat er geen afzonderlijke *silver bullet* aanwijsbaar is die het probleem kan oplossen. De politieke en administratieve

energie die nodig is voor een Kyoto II-verdrag kan echter alleen gerechtvaardigd worden indien het de opstap is of kan worden naar een heuse langetermijnstrategie voor *alle* 187 landen in de UNFCCC, zij het met variatie en flexibiliteit.

Het klimaatbeleid op basis van de UNFCCC moet worden geplaatst in de context van het mondiale publieke goed. Vroeger of later zullen alle landen betekenis moeten geven aan de doelstellingen van de UNFCCC. Dat kan op termijn uitsluitend in de vorm van verplichtingen voor iedereen en een scala van internationale monitoring- en handhavingsmaatregelen met geleidelijk opklimmende stringentie. Maar het is niet vruchtbaar nu al een tijdpad en kostenverdeling volledig uit te onderhandelen. Belangrijker dan effectiviteit in het begin is de ontwikkeling van betrokkenheid en medeverantwoordelijkheid en de gerichtheid op kosteneffectiviteit. In de volgende paragraaf worden aanzetten daartoe uitgewerkt.

5.4.3 VEELKLEURIGE FLEXIBILITEIT

Coördinatie betekent dat partijen verplichtingen op zich nemen die in verband met elkaar staan. Figuur 5.2 laat zien dat een grote diversiteit van beleidsverplichtingen denkbaar is. De linkerhelft somt drie hoofdkeuzen op, los van de aard en inhoud van verplichtingen. De rechterhelft geeft de wijzen aan waarop naar mitigatieverplichtingen kan worden gekeken. Het spreekt voor zich dat binnen het bestek van dit rapport niet alle mogelijkheden uitputtend kunnen worden geïnventariseerd. Op onderdelen zijn voorbeelden in tekstboxen nader toegelicht.

Hoofdkeuzen

In de eerste plaats kan coördinatie zowel via overheden als via de markt plaatsvinden. Beide benaderingen sluiten elkaar niet uit, maar vullen elkaar aan. Voor intergouvernementele coördinatie is het wenselijk te kunnen voortbouwen op een gemeenschappelijk raamwerk, de UNFCCC. Maar vanuit dat kader kunnen verschillende allianties ontstaan in een variabele geometrie. De *Asia Pacific Partnership* van de VS, India en China is daar een voorbeeld van. Marktpartijen zijn daarnaast in staat en vaak ook bereid in sectoraal verband standaarden overeen te komen. De sectorale dimensie is belangrijk, omdat standaarden enerzijds kostenverhogend kunnen zijn, maar anderzijds voor bedrijven ook aantrekkelijk zijn, omdat het zich houden aan standaarden de toegang tot de internationale markt openlegt. Tekstbox 5.2 laat zien dat marktwerking niet altijd vanuit een overheid behoeft te worden aangestuurd.

Tekstbox 5.2 Klimaatbeleid vanuit de markt

Recentelijk is bezorgdheid ontstaan in de wereld van de herverzekeraars. Er zijn forse verliezen geleden, aangezien allerlei tot nu toe als zeldzaam ingeschatte natuurrampen vaker lijken op te treden, in diverse delen van de wereld. Dit zal invloed hebben op de (her)verzekeringspremies, gedifferentieerd naar regio, waardoor de urgentie van mitigatiebeleid concreter wordt. Verder beginnen groepen institutionele beleggers en *fund managers* zich te roeren. Zo dringen bijvoor-

Figuur 5.2 Kernpunten van een mondiaal klimaatbeleid

Bron: WRR

beeld de *International Investor Summit on Climate Risk* (2003) en het *Carbon Disclosure Project* (2004) aan op betere en meer heldere rapportages door beursgenoteerde bedrijven aan beleggers omtrent de risico's die samenhangen met klimaatveranderingen. Zij roepen (beurs)toezichthouders op deze informatieverstrekking straffer te reguleren. Als dit gebeurt, ontstaan extra prikkels voor beursgenoteerde bedrijven om klimaatrisico's te verminderen. Het is dan voorspelbaar dat de druk op regeringen om actief klimaatbeleid te voeren eveneens zal worden opgevoerd. Ook vanuit de maatschappelijke verantwoordelijkheid worden via het reputatiemechanisme bedrijven aangespoord om koolstofverantwoording af te leggen. Alles bijeen zou dit kunnen leiden tot het beter inschatten van de langetermijnrisico's van een onderneming. Beleggers met een langetermijnvisie (bijvoorbeeld pensioenfondsen) kunnen hierbij disciplinerend werken.

Tekstbox 5.3 laat zien dat handelssancties onder voorwaarden een aanvulling kunnen vormen op internationale milieuverdragen en tevens blijkt daaruit hoe ingewikkeld de samenhang is tussen klimaatbeleid en WTO-verenigbaar handelsbeleid. Voorts leert de praktijk dat de handelscontext succesvol kan worden gebruikt via het mechanisme van *issue linking*. Zo heeft bijvoorbeeld Rusland zijn EU-steun voor het WTO-lidmaatschap mede te danken aan de toetreding tot het Kyoto-verdrag.

Tijdpaden op lange termijn zijn van belang vanwege de lange termijn van het probleem en een zekere optimalisering van de mitigatiestrategie. Maar tijdpaden kunnen niet steeds op voorhand worden uitonderhandeld. Tijdpaden op korte termijn zijn richtinggevend voor gedrag en investeringen, maar het Montreal-verdrag (zie paragraaf 5.4.1) laat zien dat daarvoor nodig is dat ze in een breder kader van langetermijnverwachtingen zijn ingebed. Er zal hoe dan ook een spanning blijven bestaan tussen de gewenste duidelijkheid van tijdpaden en de ongewenste afschrikkende werking ervan om zich eraan te committeren.

Zonder aandacht voor monitoring en handhaving kan coördinatie niet tot stand komen. Alleen juridische instrumenten volstaan niet, omdat daarover onvoldoende overeenstemming komt als landen verwachten dat de inspanning niet gemakkelijk gehaald kan worden. Het Montreal-verdrag liet zien dat positieve prikkels deelname aantrekkelijk kunnen maken. Ook handelssancties kunnen een handhavingsinstrument zijn, maar binnen het kader van de WTO is dat maar uiterst beperkt mogelijk. Daarvoor moet eerst een zekere mate van consensus over het te handhaven gedrag bereikt zijn en moet vervolgens het WTO-kader op dit punt worden aangepast, hetgeen vooralsnog niet te verwachten is (zie tekstbox 5.3 en bijlage 12).

Tekstbox 5.3 Klimaatbeleid, WTO-disciplines en sancties

Een zeer groot deel van de UNFCCC-gemeenschap (die vrijwel alle landen ter wereld omvat) is ook lid van de WTO (zo'n 150, en een aantal toelatingen loopt nog). Dit roept de vraag op hoe de WTO-verplichtingen en -disciplines zich verhouden tot wereldwijd klimaatbeleid.

In sommige milieukringen (en ook in de speltheorie) wordt – wel erg lichtvaardig – geopperd dat handelssancties het wereldwijde klimaatbeleid, of coalitievorming daarbinnen, veel geloofwaardiger en effectiever zouden kunnen maken. Deze benadering is naïef. Zij verliest volstrekt uit het oog hoe buitengewoon moeizaam de GATT tot stand is gekomen (en na welke lange voorgeschiedenis, waarbij handelspolitiek voor allerlei doeleinden werd gebruikt, met desastreuze gevolgen), en hoe en waarom diezelfde GATT geleidelijk tot een substantiële verlaging van handelsbelemmeringen heeft kunnen komen die blijvend zijn. De GATT, en in versterkte mate de WTO sinds 1995, heeft daarbij een wereldwijd publiek goed geschapen en ontwikkeld: het wereldhandelsrecht dat geldt voor ieder land, klein of groot, (dat lid is) en bovendien strikt bewaakt waarom en wanneer men wel en niet belemmeringen mag invoeren (of handhaven) en in hoeverre. Dit heeft welvaart gebracht en de potentie is nog veel groter. In geen geval mag dit publieke goed worden aangetast, voor Nederland niet, voor de EU niet, maar net zo goed voor arme landen niet. Unilaterale sancties passen daar niet in (behalve in precies omschreven gevallen die met het klimaat niets van doen hebben). De consensus in de WTO is dat milieukwesties in milieuorganisaties dienen te worden opgelost en dat de WTO geen milieu-institutie is of ooit moet worden.

Maar wat te doen indien sancties 'multilateraal' in internationale milieuverdragen, waaronder wellicht een toekomstig klimaatverdrag, als optie worden opgenomen? Van de ongeveer 300 internationale milieuverdragen zijn er zo'n twintig met dergelijke sancties.[7] Een ervan is het ozonverdrag van Montreal. In 1995 is Rusland (evenals Wit-Rusland en Oekraïne) door consensus bij de verdragspartijen gedwongen om van uitstel van de implementatie af te zien, aangezien gevreesd werd dat daarmee een kettingreactie van 'lekken' zou ontstaan die een waterdichte uitvoering onmogelijk zou maken. Sancties zijn daarbij niet gehanteerd, maar de dreiging was onmiskenbaar aanwezig. Gezien de grote obstakels om een wereldwijde klimaatstrategie af te dwingen, werkt dit multilaterale voorbeeld aanstekelijk. Toch ligt dit idee niet voor de hand. Ten eerste, Rusland was (en is nog steeds) geen WTO-lid en daarmee hebben WTO-leden juridisch de handen vrij; voor WTO-leden onderling ligt dat zeker niet in de rede. Ten tweede, de verenigbaarheid van die twintig milieuverdragen en de WTO is een heikele kwestie die reeds jaren onderhandeld wordt in de CTE (comité voor handel en milieu), vooralsnog zonder resultaat. Tot nu toe zijn er geen cases voorgelegd aan het WTO-geschillenbeslechtingsmechanisme.

Een 'handelsverbod' op een product X tussen bijvoorbeeld landen die een klimaatconventie zouden tekenen en landen die dat niet doen, ter voorkoming van 'lekken', is discriminatoir en daarmee rechtstreeks in strijd met het meest fundamentele beginsel van de GATT. Non-discriminatie geldt voor overeenkomstige producten *('like' products)* en die aanduiding opent een ware doos van Pandora van ingewikkelde jurisprudentie in Genève. Hoofdprobleem is dat uiteenlopende wijzen van voortbrenging van X aan het product zelf (meestal) niet te merken zijn, terwijl die voortbrenging er voor het klimaat wel toe kan doen. Stel: (laaggeprijsde) elektriciteit wordt in land A ingevoerd uit B, maar A, als lid van de klimaatconventie, produceert elektriciteit alleen volgens bepaalde normen (bijvoorbeeld met een lage CO_2-uitstoot), terwijl het niet-lid B zich daar niet aan houdt, CO_2 ook niet beprijst en dus goedkoop is. Stel tevens dat A en B WTO-leden zijn. In de WTO zouden in dit geval sancties verboden zijn, want de elektriciteit als zodanig is een *like product*. In de (veronderstelde) klimaatconventie vormt B een *free rider* die de effectiviteit van een mondiale coördinatie ondermijnt en dus dient te worden gedisciplineerd. Voor elektriciteit kan men ook snijbloemen invullen uit kassen die met kolen worden verwarmd tegenover kassen die

op zonne-energie draaien (in gebieden die warmer zijn en zon in overvloed hebben). Of allerlei andere producten. Om het nog lastiger te maken, mocht dit soort gevallen ooit in een klimaatconventie onder sancties vallen, dan zijn ze gedekt onder een multilateraal regime.

Maar ogenschijnlijk niet hiervan te onderscheiden maatregelen zouden net zo goed het gevolg kunnen zijn van unilaterale regelgeving in een land dat een dergelijke voortbrenging niet toestaat en daarmee dreigt een inbreuk te plegen op artikel 3 van de GATT (nationale behandeling van *like products*). Deze unilaterale, mogelijke inbreuken zijn wel uitvoerig in de conflictbeslechting van de GATT/WTO aan de orde geweest en hebben slechts deels helderheid gebracht: verschillende zaken zijn duidelijk verboden (bijvoorbeeld oorsprong uit specifieke landen; kwantitatieve restricties, artikel 11 van de GATT, dus ook een importverbod), maar de jurisprudentie is op zijn minst problematisch, onder andere omdat de bewijslast nou eenmaal bij de aanklager ligt en regelgevende autonomie van de WTO-leden vergaand beschermd is.
De knoop zit gedeeltelijk bij de uitleg van *like* en *unlike*. De jurisprudentie hanteert daarbij vier criteria: (1) de eigenschappen, aard en kwaliteit van het product (milieuvriendelijker kan als kwalitatief hoger worden beschouwd); (2) de tariefclassificatie van de HS (van de werelddouane-organisatie); (3) de smaken en gewoonten van consumenten, onder andere (maar niet alleen) te meten met bijvoorbeeld kruiselasticiteiten; (4) het eindgebruik van het product. Het hoogste juridische orgaan van de WTO (het *Appelate Body*) benadrukt dat deze criteria echter nooit mechanisch mogen worden toegepast, een geval-tot-gevalbenadering blijft geboden.
De andere knoop is te vinden bij de uitleg van twee uitzonderingsgronden van de eerdere verbodsbepalingen, en wel in artikel 20 van de GATT. Het gaat hierbij om (i) de inleiding van dit artikel (chapeau), (ii) sub b: 'necessary to protect human, animal or plant life or health', en (iii) sub g: 'relating to the conservation of exhaustible natural resources' in samenhang met binnenlandse restricties. Deze uitleg is voer voor juristen, maar de vraag is of men daar tevreden mee kan zijn. In de casuïstiek tot heden toe valt niet zo veel lijn te ontdekken. Zo is onder artikel 20(g) erkenning verkregen voor nationale maatregelen voor het behoud (*conservation*) van schone lucht en tevens van de nationale olievoorraad (!). Onder artikel 20(b) zijn maatregelen verenigbaar met de WTO bevonden die beoogden de luchtvervuiling te verminderen die het gevolg is van benzineverbruik.[8]

Aard en inhoud van de verplichtingen

Allereerst kan de *aard van de verplichtingen* uiteenlopen. Multilaterale verdragen hoeven niet of niet alleen over absolute reductiedoelen te gaan. In een dergelijk kader zou een Kyoto II-verdrag deel uitmaken van een veel breder web van verdragen of committeringen. Verplichtingen moeten worden ingepast in een lang tijdpad en in een rationele mondiale strategie die rekening houdt met lokale situaties en kosteneffectieve toepassingen op specifieke plaatsen. De verdeling van de lasten en de plaats waar mitigatie kosteneffectief plaatsvindt, hoeven niet samen te vallen. Eerder is reeds gewezen op de enorme kostenvoordelen die voortvloeien uit dit onderscheid. Verder kan men bij de aard van de verplichtingen denken aan min of meer vrij te kiezen menu's van mitigatiemethoden in UNFCCC-verband. Een expliciete en geregistreerde keuze is transparant en verifieerbaar, eventueel ook sanctioneerbaar. Hiermee kan tegemoetgekomen worden aan de wijdverbreide aarzeling in de wereld om zich op absolute reductiever-

plichtingen vast te leggen. De heikele kwestie is of men hiermee ook een minimum aan ambitie kan vastleggen: het gaat om een optimalisatie van de afweging tussen brede participatie en vergaande verplichtingen, waarbij het totale resultaat van gerealiseerde verplichtingen telt.

Is het initiële oogmerk alle landen ertoe te bewegen althans met enige verplichtingen actief te participeren, dan dient men omzichtig met ambitieniveaus om te springen. De zachtste benadering van verplichtingen is *bottom-up*, louter bestaand uit vrijwillig, zelfgekozen beleid dat wel geregistreerd wordt en daarmee transparant en besproken kan worden. Indachtig de ervaringen van de EU in het Lissabon-proces lijkt het verstandig een initiële fase van *confidence building* vooraf te laten gaan aan het aandringen op ambitieuzere en sanctioneerbare strategieën.

In de tweede plaats onderscheidt figuur 5.2 zeven *categorieën van verplichtingen*. Absolute, kwantitatieve doelen zoals in het Kyoto-protocol worden weliswaar in tal van landen met enige huiver bezien, maar zij hebben bij handhaving pertinente voordelen, zoals duidelijkheid over het resultaat en de mogelijkheid van kosteneffectiviteit door emissiehandel. Het is mogelijk verschillende koolstofmarkten met elkaar te verbinden voor (groepen) landen met absolute doelen. Mogelijk kan deze internationale koolstofmarkt ook worden verbonden met bedrijven in landen (zoals de VS) die geen absolute verplichtingen zijn aangegaan (zie Egenhofer 2005, in CEPS 2005).

Absolute doelen worden beter accepteerbaar door een veiligheidsklep aan te brengen in de vorm van een maximumkoolstofprijs. Boven die prijs gaat het emissieplafond over in een koolstofbelasting, waardoor bedrijven meer zekerheid krijgen over de te verwachten kosten. De keuze van de maximumprijs bepaalt waar het absolute emissiedoel (tijdelijk) wordt opgegeven. Via de maximumprijs wordt ook iteratief gestuurd op het criterium van de dynamische efficiëntie: de mate van mitigatie moet uiteindelijk de preferenties van de deelnemers volgen.

Intensiteitsdoelen richten zich op een per eenheid BNP afnemend koofstofgebruik (decarbonisatie) of energieverbruik (‘ontkoppeling’). Deze vormen een minder dwingend, maar ook minder effectief alternatief, omdat BNP-groei de emissievermindering deels of geheel teniet kan doen. In China en in de VS is dat het geval. Maar dat maakt redelijk stringente intensiteitsdoelen niet minder nuttig voor landen die niet mee willen doen op basis van absolute reducties, omdat hiermee wel belangrijke verbeteringen ten opzichte van een BAU-scenario kunnen worden gerealiseerd.

Sectorale doelen zijn geschikt om private partijen erbij te betrekken, bij voorkeur in vele landen, omdat daarmee het risico van verplaatsing van activiteiten wordt verminderd. Bij sectorale doelen kan het ook gaan om verplichtingen technologie te ontwikkelen over een (lang) tijdpad.

De laatste drie categorieën zijn vooral bedoeld om armere landen actief bij het klimaatbeleid te betrekken. Dat kan door positieve prikkels die verlies uitsluiten (*no lose*), bijvoorbeeld een beloning bij minder uitstoot dan een zekere norm, maar geen sanctie bij overschrijding. Het regime kan in de loop van de tijd aan de mate van ontwikkeling worden aangepast. Ook geleidelijke harmonisering van nationaal beleid in de vorm van *policies and measures* (PAM's) (zie tekstbox 5.4) is laagdrempelig.

Tekstbox 5.4 Nationale klimaatmaatregelen (PAM's)

De beperkingen van de Kyoto-benadering hebben tot meer belangstelling geleid voor de geleidelijke harmonisatie van nationaal klimaatbeleid, beschouwd onder de verzamelnaam *policies and measures* (PAM's). Het kan daarbij gaan om een aanvulling op een mogelijk Kyoto II-verdrag, maar ook om een flexibele manier om spijtoptanten zoals de VS, Australië en de meer geïndustrialiseerde ontwikkelingslanden op een voor hen aanvaardbare wijze in het coördinatieproces te betrekken. Via PAM's kunnen overheden zich op velerlei manieren committeren in verdragen of politieke verbindingen. Er kan ook een voorbeeldwerking van uitgaan bij experimenten in kleine groepen landen of sectoren of bij afspraken tussen het bedrijfsleven en overheden. Voorbeelden zijn technische of andere normen, technologieprotocols en koolstofbelastingen. De benadering laat ruimte voor lokale differentiatie en is laagdrempelig voor zich ontwikkelende landen. De PAM-benadering levert zo een methode aan die recht doet aan criteria als flexibiliteit en wereldwijde participatie, en soms billijkheid en dynamische efficiëntie.

Een PAM-benadering heeft ten opzichte van de Kyoto-benadering wel verschillende nadelen. Allereerst is het tijdpad waarlangs harmonisatie zal plaatsvinden lang en ongewis. Een PAM-achtig proces levert dus geen garantie op dat bepaalde doelen uiteindelijk bereikt worden. Ook de meting van prestaties (in dit geval netto-GHG-uitstoot) is lastig en soms niet objectief, wat het onderlinge vertrouwen geen goed zal doen. Voorts worden de effecten op het concurrentievermogen per land onderhandelbaar, waardoor de transparantie afneemt en concurrentievervalsing kan ontstaan.

Een bijzonder voorbeeld van een PAM-benadering vormt een koolstofbelasting op lucht- en scheepvaart. Deze sectoren zijn uitgezonderd van het Kyoto-protocol. Vooral de luchtvaart is belangrijk wegens de te verwachten groei. Een groot regionaal blok zoals de EU kan vanaf EU-luchthavens vertrekkende vluchten belasten, waarmee naast het interne verkeer ook de helft van het transatlantische verkeer belast wordt. Maar de concurrentievervalsing blijft een probleem doordat luchtvaartmaatschappijen die overwegend buiten de EU opereren een concurrentievoordeel hebben.

En ten slotte zijn financiële en niet-financiële overdrachten mogelijk die bilateraal, via technologieverdragen of via een wereldklimaatfonds kunnen lopen (zie tekstbox 5.5).

De derde invalshoek is die van de *hardheid van de verplichtingen*. De UNFCCC erkent de prioriteit die ontwikkelingslanden toekennen aan economische groei. Daarom is het van belang dat enige duidelijkheid ontstaat over de vraag wanneer

een ontwikkelingsland overgaat in een modern industrieland. *Multistage*-benaderingen proberen deze overgangen te objectiveren, maar het blijft de vraag of arme landen nu al willen tekenen voor een 'wenkend perspectief'. Een harde definiëring van criteria voor *graduation* heeft tot nu toe in de GATT niet gewerkt. Voor de VS is dit wel een voorwaarde om zelf internationale verplichtingen aan te gaan.

Tekstbox 5.5 Fondsvorming ten behoeve van technologieontwikkeling

Het bijdragen aan internationale fondsen is in beginsel een *zero sum*-onderhandeling. Het bijdragende land verliest zeggenschap over de bijdragen (en moet er dus van tevoren reeds vertrouwen in hebben), heeft zelf beperkt nut van zijn bijdragen en heeft geen zekerheid over de bijdragen van anderen; anderen worden zelfs aangemoedigd meer *free rider* te worden, aangezien het marginale nut van extra bijdragen afneemt. Internationale fondsen komen daardoor moeilijk van de grond. Barrett (2003) laat zien dat positieve prikkels nodig zijn om participatie in internationale verdragen te stimuleren en dat de risico's van deelname geminimaliseerd moeten worden. Risicoreductie krijgt doorgaans de meeste aandacht. Voorbeelden daarvan zijn maximering van de totale bijdrage van een partij op een tevoren vastgesteld plafond en een vereiste kritische massa van *commitments* (door anderen) alvorens daadwerkelijke verplichtingen ingaan.
Positieve prikkels kunnen worden gevonden in de wijze waarop de zeggenschap over de besteding van de fondsen wordt geregeld: wie meer betaalt, mag meer bepalen. Dit vermindert het risico dat internationale fondsen een vrije ruif worden zonder veel toezicht. Bij fondsen voor technologieontwikkeling kan het profijt van de ontwikkelde technologie worden voorbehouden aan de deelnemers in het ontwikkelingsfonds. Dat stimuleert toetreding, maar niet noodzakelijk meer bijdragen.
Een prikkel tot hogere bijdragen kan ontstaan wanneer het criterium van de vereiste kritische massa van *commitments* wordt omgezet van een digitaal criterium (ja/nee) naar een analoog criterium (meer/minder). De hoogte van de bijdrage van een partij kan afhankelijk gemaakt worden van de hoogte van de bijdrage van anderen volgens het concept 'voor elke extra bijgedragen dollar van een partij dragen andere partijen volgens een vooraf overeengekomen verdeelsleutel samen een of meer extra dollars bij'. Op deze wijze ontstaat een multiplier op het marginale nut van de bijdrage van een partij, zonder dat andere partijen daardoor overmatig worden belast. Zelfs een kleine partij kan onder zo'n regime tegen relatief geringe kosten leiderschap tonen en andere partijen betrekken. De uiteindelijke bijdragen van alle partijen worden zowel bepaald door de mate waarin leiderschap is betoond als door de initiële verdeelsleutel.

De vierde invalshoek ten slotte is die van de *verdeling van lasten*. Het uitgangspunt van *common but differentiated responsibilities* kan op veel verschillende manieren worden geoperationaliseerd, op basis van cumulatieve historische emissieniveaus, per capita-emissies, historische rechten, ontwikkelingsniveaus, marginale mitigatiekosten, enzovoort. Ook de internationale coördinatie en verdeling van aanpassingskosten kan daarbij aan de orde komen. Het CDM-mechanisme (zie tekstbox 5.6) biedt mogelijkheden voor een kosteneffectieve implementatie in combinatie met kostentoedeling aan rijke landen.

5.4.4 INSTITUTIONALISERING VAN DE MONDIALE COÖRDINATIE

De mondiale coördinatie van klimaatstrategie is buitengewoon veeleisend in technische, juridische, administratieve, financiële, economische, wetenschappelijke en diplomatieke zin. Een eerste idee hiervan krijgt men reeds bij de figuren 2.4 en 2.6, die achtereenvolgens het EU- en Nederlands klimaatbeleid trachten samen te vatten. Een iets beter idee van de aard en complexiteit van nationaal beleid ontstaat bij lezing van de nationale rapportages van klimaatbeleid door Annex I-landen van de UNFCCC (let wel, dus ook van de niet-ondertekenaars van het Kyoto-protocol) aan het UNFCCC-secretariaat en bijvoorbeeld van de Nederlandse rapportage aan de Europese Commissie in mei 2005 (VROM 2005a). Met behulp van technische en financiële ondersteuning rapporteren ook steeds meer niet-Annex I-landen aan het UNFCCC-secretariaat. Zoals in paragraaf 5.4.2 reeds is vermeld, bevorderen deze rapportages wel de benodigde transparantie, maar ontbreekt het logische vervolg in de vorm van evaluatie, *peer review*, zo niet toetsing en suggesties voor verdieping en verbetering. Buiten het Kyoto-protocol ontbreekt eveneens een kader of langetermijnstrategie waarin nationaal beleid op een of andere wijze zou dienen te passen of althans niet mee zou mogen conflicteren, al is het slechts in een raamwerk met 'veelkleurige flexibiliteit'.

Tekstbox 5.6 Het Clean Development Mechanism (CDM)

Het Clean Development Mechanism (CDM) is een van de vruchten van Kyoto. Het CDM brengt vragers uit Annex I-landen met mitigatieverplichtingen samen met investeerders in niet-Annex I-landen en combineert zo schone ontwikkeling met kosteneffectieve realisatie van mitigatiedoelstellingen. Het gaat om projecten die aantoonbaar tot GHG-reductie leiden die anders niet zou zijn bereikt. Een voorbeeld is een lokale investering voor een nieuwe kolencentrale die wordt omgezet in een gasgestookte centrale. De extra kosten daarvan worden gefinancierd door de prijs die vragers uit Annex I-landen bereid zijn te betalen. In ruil daarvoor verkrijgen zij Certified Emission Reductions (CER's) die meetellen in de mitigatiedoelstelling van de vragende partij. Andere voorbeelden liggen bij fabrieken of afvalstort.

Het CDM is in beginsel een ideaal mechanisme voor wereldwijde coördinatie, omdat het tegelijk drie onderdelen van het klimaatprobleem adresseert. Allereerst stimuleert het de schone ontwikkeling van arme landen via buitenlandse investeringen en technologieoverdracht. Daardoor wordt een verbetering ten opzichte van BAU-scenario's gerealiseerd en worden arme landen actief in het klimaatbeleid betrokken. In de tweede plaats zorgt CDM voor een verdeling van kosten waarbij rijke Annex I-landen het kritische verschil betalen. En ten slotte vindt kosteneffectieve allocatie plaats via de (kapitaal)markt. Het CDM faciliteert een mondiale koolstofmarkt en bedrijven worden actief daarbij betrokken. De raad is dan ook groot voorstander van deze benadering. Het gaat om een *win-win*-combinatie van (duurzame) ontwikkeling, milieueffectiviteit, kosteneffectiviteit en eerlijke lastenverdeling met baten voor alle partijen.

In de praktijk verloopt de coördinatie via het CDM-mechanisme echter uiterst moeizaam. Voor een goed functionerend CDM zijn nodig: een aantal beleidsbeslissingen, een (overigens uitermate

technische) controlestructuur (met onder andere betrouwbare certificatie, enzovoort), lage transactiekosten en minimalisering van de prikkels voor liftersgedrag (bijvoorbeeld door bedrijven die voorwenden aan additionele reductie te doen om zo een prijs te ontvangen). Op al deze punten is het huidige CDM onder het Kyoto-protocol in gebreke gebleven. Er zijn te veel partijen betrokken bij het tot stand brengen van een contract; de controlestructuur is bureaucratisch (en ontwikkelde zich veel te langzaam in technische en methodologische zin) en het gaat om te kleine projecten, waardoor de transactiekosten hoog zijn en desondanks is de additionaliteit onvoldoende gedefinieerd.

Om het CDM effectief te maken op langere termijn is een forse opschaling vereist van projecten naar sectorniveau of anderszins. In recente papers ter voorbereiding van de COP in Montreal wordt dat weliswaar benadrukt (Egenhofer et al. 2005), maar uitgewerkte voorstellen hieromtrent ontbreken nog, waarschijnlijk niet in het minst omdat hiermee enorme bedragen gemoeid zullen zijn aan de vraagkant van de CO_2-reducties. Daarnaast kan het CDM alleen functioneren als er duidelijkheid komt over de wereldkoolstofmarkt na 2012, omdat nu de prijs van CO_2-reductie na die datum te onzeker is. Die onzekerheid zorgt er nu al voor dat het huidige CDM niet meer tot nieuwe investeringsprojecten zal leiden.

Uit figuur 5.1 over de structuur van de huidige klimaatonderhandelingen en de werking van de UNFCCC blijkt verder dat er eigenlijk nauwelijks van een structuur sprake is. De configuratie is vrijwel uitsluitend ingesteld op onderhandelingen in de COP, zij het met technische ondersteuning van commissies zoals de Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (SBSTA), de Subsidiary Body for Implementation (SBI) en deskundigengroepen, naast een actief secretariaat (dat overigens geen competenties heeft en geen initiatieven mag nemen). Er bestaat geen permanente organisatie die zich op allerlei niveaus bezighoudt met uitvoering, toezicht, terugkoppeling, studies van opties en grondige voorbereiding van heuse onderhandelingen in de COP. In de COP bestaan wel informele groepen die het mogelijk maken tot 'stemmenaggregatie' te komen, waardoor uiteindelijk kleine gremia de lastigste onderhandelingsknopen kunnen doorhakken, maar daarbij is rigiditeit troef. Die rigiditeit wordt deels veroorzaakt door uiteenlopende belangen die eerder in dit hoofdstuk zijn belicht, deels echter door de wijze waarop die 'aggregatie' geschiedt en de daarmee samenhangende achterbanraadpleging die – per definitie – uiterst inefficiënt en langdurig is. Aggregatie in grote landengroepen gebeurt op basis van uitonderhandelde standpunten die, zelfs onder de druk van een vijf dagen durende COP-vergadering, niet gemakkelijk kunnen worden aangepast. Het zal bovendien niet verbazen dat dergelijke aggregaties tal van compromissen bevatten die door diplomatiek taalgebruik worden weggemasseerd, terwijl thema's die taboe zijn voor sommige landen vermeden worden.

Kort en goed, noch de talrijke en reeds ingewikkelde uitvoerende activiteiten onder UNFCCC-vlag, noch de onderhandelingen zelf zijn deel van een mondiale organisatie met heldere doelstellingen en competenties die de verdragspartijen benutten om effectiever aan de oogmerken van de UNFCCC te werken. Coalitie-

vorming is ad hoc en daardoor oppervlakkig, en moet steeds opnieuw herbevestigd worden (als dat al lukt). De voorbereiding van COP-bijeenkomsten vereist een gigantisch vliegend circus, waarbij de meeste verdragspartijen zich niet of nauwelijks opstellen als zijnde 'eigenaar' van het wereldklimaatprobleem. Omdat er geen erkende organisatie is, is er evenmin sprake van een geïnstitutionaliseerde gezamenlijke verantwoordelijkheid. Zonder het zelfbenoemde 'leiderschap' van de EU en in zekere mate Japan zou de al geringe effectiviteit verder verschrompelen. Ten slotte kan men zich afvragen of de hoge frequentie van massale COP-vergaderingen, die vaak relatief weinig opleveren, wel de goede manier is om tot een langetermijnwereldklimaatstrategie te komen.

Een beperkte, gerichte institutionalisering van de mondiale coördinatie van klimaatbeleid kan tot merkbare verbeteringen leiden. Dit dient niet als wondermiddel te worden uitgelegd. Ook in een meer geïnstitutionaliseerde omgeving blijven de belangentegenstellingen ertoe doen en dient er op allerlei niveaus onderhandeld te worden over financiële overdachten, vaak pijnlijke aanpassingen of beleidswijzigingen. De inhoudelijke aspecten die hiervoor besproken zijn, zullen dan ook voorop moeten blijven staan, want institutionalisering alleen is geen panacee.

De UNFCCC-verdragspartijen zouden een Wereld Klimaat Organisatie (WCO) kunnen oprichten, met als hoogste orgaan een ministerieel gremium (WCO Council) voor eindonderhandelingen. De WCO Council kan overal ter wereld bijeenkomen voor de bezegeling van eindrondes. De vaste locatie van de WCO zou dienen te bestaan uit het secretariaat en een formeel comité van permanente ambassadeurs bij de WCO, met daarboven een Special Climate Council (SCC): vaste zetels voor de grootste zeven of acht vervuilers als eerder aangeduid, en roulerende landenleden, met een roulerend voorzitterschap, bijvoorbeeld 15 SCC-leden in totaal. Hoewel voor onderhandelingen altijd allerlei coalities informeel kunnen worden gevormd, is de verantwoordelijkheid voor richting en doeltreffendheid van de WCO duidelijk in handen van de SCC. Er is als het ware een erkenning van *ownership.* De permanente SCC biedt alle kansen om coalitievorming en initiatieven in wederzijds belang tot hun recht te laten komen. Bovendien is de permanente verbinding van het SCC met het comité van ambassadeurs een effectieve manier, zonder veel transactiekosten, om een onvermijdelijk logge wereldorganisatie toch tot enige afstemming te laten komen. Verder kan de permanentie van de missies bij het secretariaat veel beter de steeds intensievere administratieve en technische uitvoering, monitoring, de verbinding met lopend onderzoek en andere kwesties waarborgen. Tekstbox 5.6 over het CDM illustreert dat men deze gecompliceerde en technische zaken veel grondiger en zakelijker dient aan te pakken, teneinde de potentie metterdaad te verwezenlijken. Aldus ontstaat een degelijke basis voor de zo gewenste combinatie van implementatie enerzijds (iets wat niet goed in onderhandelingsconferenties past en ook geen extreem korte tijdsklem verdraagt) en effectievere onderhandelingen anderzijds, zonder dat deze in COP's geforceerd worden samengebracht. Ook is het mogelijk om onderhandelingsrondes op basis van een krachtig mandaat af te wisselen met

de vereiste rustperiodes voor juridische tenuitvoerlegging, goede implementatie, enzovoort. Dit is van buitengewoon groot belang om geloofwaardig te zijn in de markten in alle landen die het betreft, want pas dan kan wereldklimaatbeleid werken. Ten slotte wordt door permanentie vermeden dat – wat nu in COP's gebeurt – al te grote assertiviteit voor het politieke thuisfront ten toon wordt gespreid, hetgeen compromisvorming in een krappe week bijna onmogelijk maakt. De SCC dient sturend te zijn en te staan voor de doelstellingen van de WCO, die rechtstreeks zijn afgeleid van de UNFCCC. Deze vorm sluit direct aan bij de overwegingen over leiderschap in paragraaf 5.4.5.
Vermeden moet worden dat de WCO een zuiver VN-orgaan wordt. Een enigszins van de VN losstaand orgaan, zoals diverse agentschappen of het WTO-model, geeft een grotere kans op effectiviteit van een gelaagde organisatie als hier voorgesteld.

5.4.5 COALITIEVORMING EN LEIDERSCHAP

Het nut van coalitievorming

Effectieve coördinatie tussen 190 landen is bijna ondoenlijk. Het functioneren van de COP-vergaderingen laat dat zien. Effectieve coördinatie berust op een gemeenschappelijk belang en op wederzijds profijt van de inspanningen van onderhandelingspartners. Dankzij coördinatie wordt het externe effect van mitigatie-inspanningen omgezet van een vrij goed naar een ruilbaar goed, waardoor de waarde ervan sterk wordt verhoogd. Onderhandelingspartners met een groot mitigatiepotentieel hebben meer extern effect in de aanbieding en zijn derhalve interessanter dan die met een klein mitigatiepotentieel. Anderzijds zijn vooral onderhandelingspartners met een groot schadepotentieel dan wel een sterke preferentie geïnteresseerd in mitigatiebijdragen van anderen. Voor onderhandelingspartners met grote belangen geldt dat de waarde van hun inbreng veel hoger is dan de transactiekosten van hun deelname aan de onderhandelingen. Kleine coalities met grote belangen realiseren voor de deelnemers gemeenschappelijke geaggregeerde preferenties tegen minimale transactiekosten. Hoe groter de asymmetrie binnen de coalitie, des te groter de waarde van de uit te ruilen prestaties.

Schadefuncties van landen zijn een belangrijke basis voor coalitievorming. Maar daarbij gaat het niet alleen om financieel waardeerbare of objectieve schade. Bij de vlakke eilandstaten is de extreme kwetsbaarheid voldoende reden om tot een krachtige pressiegroep te komen, ondanks hun geringe vermogens. Anderzijds kan de overtuiging dat een land weinig schade zal ondervinden en/of zich eenvoudig kan aanpassen een reden zijn zich juist niet bij een coalitie aan te sluiten of de aanvankelijke coalitie labiel te maken door uittreding. De VS-onderhandelaars hebben recentelijk nog verklaard dat zij relatief weinig schade vrezen en zich uitstekend kunnen aanpassen. Deze overtuiging maakt het lastiger de VS tot daadwerkelijke coördinatie over te halen, dus intensiever beleid te voeren dan het land vanuit zijn interne preferenties verkiest.

Ook geldt dat 'grote vervuilers' niet automatisch enthousiaste leden van een coalitie zijn. Weliswaar hebben ze waarschijnlijk een groot mitigatiepotentieel, maar ze zullen vooral geïnteresseerd zijn in het betrekken van andere grote spelers. Voor de belangen of bijdragen van kleine onderhandelingspartners geeft men de eigen beleidsdiscretie niet op. Daarnaast kunnen beginselen van ethiek of rechtvaardigheid een verstorende rol spelen: grote vervuilers zijn niet onmiddellijk in voor coalitievorming op basis van het beginsel dat de vervuiler betaalt, al zal de retoriek anders luiden.

Coalities moeten niet alleen belangen coördineren, maar moeten voor geloofwaardig functioneren ook stabiel zijn. De speltheorie leert dat grote groepen min of meer gelijksoortige landen moeilijk tot omvangrijke stabiele coalities komen, omdat de stimulans om een eenmaal gevormde coalitie weer te verlaten, te groot is. Daarmee worden immers de baten van de coördinatie via liftersgedrag grotendeels genoten en de kosten geminimaliseerd. Sancties op uittreden kunnen de stabiliteit van een coalitie verhogen, maar verhogen ook de drempel om toe te treden. Een zorgvuldige balans tussen wortel en stok is dus geboden. Voorbeelden van wortel zijn directe betalingen en *no lose commitments*; voorbeelden van stok zijn boetes of handelssancties. *Issue linking* kan als wortel maar ook als stok worden gebruikt.

Leiderschap binnen de UNFCCC

In paragraaf 5.4.3 is aangegeven dat informele verbanden binnen de UNFCCC een belangrijke rol spelen in de voorbereiding van de besluitvorming. In paragraaf 5.4.1 is vastgesteld dat coalitievorming in allerhande deelverbanden mogelijk is, naast de gevormde coalitie met gedifferentieerde verplichtingen van het Kyoto-protocol. Coalities kunnen binnen en op basis van de UNFCCC leiderschap uitoefenen. Dat zou bijvoorbeeld een coalitie van grote vervuilers kunnen zijn, alleen al omdat allen voordeel hebben bij de effectiviteit van zo'n coalitie. Mits de schadefuncties niet te zwak zijn, lijkt het ook niet aantrekkelijk om snel uit de coalitie te treden, waarmee een zekere stabiliteit kan worden gewaarborgd. Toch zal in de praktijk van de UNFCCC zo'n coalitie wel enkele compromissen moeten sluiten. Zo is het bijvoorbeeld nauwelijks denkbaar dat niet elk werelddeel minstens één land in zo'n coalitie van groten heeft. Voor Afrika is dat moeilijk, want zelfs Nigeria en Zuid-Afrika zijn mondiaal kleine vervuilers. Tevens ligt het voor de hand dat er enkele ontwikkelingslanden deelnemen, om twee redenen: hun bijdrage aan de netto-emissie zal snel toenemen en het aandeel OBG ligt bij ontwikkelingslanden nog hoog (vooral door methaan).

Een collectief van doorslaggevende betekenis zou gevormd kunnen worden uit een beperkte groep hoofdvervuilers, klein genoeg in aantal om tot effectieve deals te komen en met een zodanig groot gewicht in de netto mondiale uitstoot dat de belangen en bijdragen van spelers buiten de coalitie van relatief gering belang zijn. Een dergelijke coalitie kan door haar omvang ook politieke macht uitoefenen en daarmee liftersgedrag van buitenstaanders beperken. Het is dus van kardinaal belang dat, zelfs als dit collectief geïnstitutionaliseerd kan worden

in de SCC van een op te richten WCO, de leden van het collectief een direct belang ervaren bij samenwerking binnen die kleine groep. Een SCC die *ownership* incorporeert, werkt alleen indien de prikkels voor onderlinge coalitievorming sterk genoeg zijn. Dit is mogelijk, aangezien de grote vervuilers wederzijds zichtbaar baat hebben bij elkaars mitigatie-inspanningen. Wat de samenstelling van een dergelijke groep ook zou kunnen zijn, vaststaat dat in ieder geval de grote OESO-vervuilers (EU, VS en Japan), waarschijnlijk Rusland en de grootste vervuilers onder de arme landen (China en India, wellicht ook Brazilië en Indonesië) er deel van zouden moeten maken (zie paragraaf 5.3).

Leiderschap in coalities

Ook binnen coalities is leiderschap mogelijk en wenselijk. Indien de verschillen in grootte en betekenis extreem zijn, is het denkbaar dat leiderschap door één land of een hecht verband (zoals de EU) wordt uitgeoefend. Dat bleek bijvoorbeeld mogelijk na de Tweede Wereldoorlog, toen de VS de oprichting en initiële werking van de GATT en het IMF beslissend konden beïnvloeden, maar een dergelijke hegemoniale constellatie is in klimaatbeleid moeilijker voor te stellen. Dat maakt leiderschap niet minder wenselijk, omdat de leider de urgentie en de richting moet aangeven. Dit gaat met kosten gepaard, bijvoorbeeld wanneer in de initiële fase van de coalitie kosten voor onderzoek en ontwikkeling moeten worden gemaakt. De leider geeft het goede voorbeeld en maakt zich in de onderhandelingen relatief kwetsbaar door het openbaren van zijn preferenties.

In paragraaf 5.3.4 is aangegeven hoe de EU zichzelf tot leider in het wereldklimaatbeleid heeft benoemd door te kiezen voor de eerdergenoemde 2 °C-doelstelling. Vanuit het oogpunt van geloofwaardig leiderschap is het essentieel dat de EU haar Kyoto-verplichtingen realiseert. De vraag of deze verplichtingen ook effectief klimaatbeleid vormen in het licht van de doelstelling doet er in dit verband minder toe.

5.5 CONCLUSIE

In de komende decennia is het ontwikkelingstraject van groeilanden de belangrijkste uitdaging van het klimaatprobleem. Op langere termijn zullen de OESO-landen niet in staat zijn door eigen beleid de emissiereducties te realiseren die voor een goed klimaatbeheer toereikend zijn. Rijke landen hebben de preferentie en de draagkracht voor klimaatbeleid; arme landen hebben de mogelijkheden voor kosteneffectief klimaatbeleid. De coördinatieopdracht bestaat er derhalve in dat middelen worden gevonden om de inspanningen over rijke landen te verdelen en de implementatie van oplossingen in arme landen te realiseren. De overdrachten van technologie en kapitaal die daarmee gemoeid zijn mogen evenwel de *no regret*-inspanningen in arme landen niet verdringen. Met name energie-efficiëntie levert grote netto-opbrengsten voor mitigatie op, maar heeft daarnaast grote lokale voordelen in de vorm van lagere kosten, geringere externe energieafhankelijkheid en minder lokale vervuiling.

Het zijn vooral de onzekerheid en lange termijn, alsook de verdelingskwesties die coördinatie van mitigatiebeleid zo moeilijk maken. Verplichtingen worden alleen aangegaan wanneer duidelijkheid bestaat over het effect van die verplichtingen; investeringen worden alleen gedaan indien voldoende duidelijkheid bestaat over de omgeving op de langere termijn waarin de investeringen moeten worden terugverdiend. Effectieve coördinatie moet aan nogal wat voorwaarden voldoen: dynamische efficiëntie, milieueffectiviteit, kosteneffectiviteit, billijkheid, flexibiliteit op lange termijn, brede participatie en objectieve monitoring en handhaving. Vooral effectiviteit en brede participatie zijn onderling concurrerende voorwaarden. Het ligt niet in de verwachting dat op korte termijn een vervolg op Kyoto I in aanvaardbare mate aan al deze voorwaarden zal kunnen voldoen. Een Kyoto II-verdrag kan er komen en is (onder andere voor de EU) nuttig voor langetermijninvesteringen in radicalere technologieën, maar een dergelijk verdrag zal niet waarlijk mondiaal kunnen zijn. Er is dus meer nodig naast de Kyoto-benadering.

Het belang van goed klimaatbeheer wordt internationaal breed ondersteund, maar is wel een belang naast andere belangen. Effectieve coördinatie in de internationale arena kan alleen tot stand komen wanneer die andere belangen van de deelnemende partijen als vertrekpunt worden genomen. Energie en economische groei zijn daarbij cruciale issues. De energiestructuur van grote economieën laat een enorme diversiteit zien. De beschikbaarheid van grondstoffen en de mate van externe energieafhankelijkheid spelen daarin een doorslaggevende rol. In elk geval in China en in de VS, maar ook op andere plaatsen zal het gebruik van kolen voor de elektriciteitsvoorziening onontkoombaar zijn. Coördinatie-initiatieven die hieraan voorbij zouden gaan, zijn bij voorbaat gedoemd te mislukken. Klimaatbeleid en beleid gericht op energiezekerheid leveren deels een gemeenschappelijke agenda op. Met maatregelen in de sfeer van energie-efficiëntie worden zowel het klimaat als de energiezekerheid gediend. Lokale milieuproblemen zoals SO_2-vervuiling vormen daarnaast een sterke stimulans voor schonere energie, soms met nevenbaten voor het klimaatbeleid. Waar kolen vanuit het oogpunt van energiezekerheid onontkoombaar zijn, zal vanuit klimaatoogpunt voor CCS, liefst met vergassing, moeten worden gekozen.

Economische groei in opkomende landen zal enerzijds het emissieprobleem vergroten, bijvoorbeeld door een massale groei van het autogebruik in China, maar vormt daarnaast via technologische verbetering ook de sleutel tot schoner produceren. In het verleden is het effect van de groei steeds sterker geweest dan dat van de technologische verbetering. Voor geslaagd klimaatbeleid is het essentieel dat dit saldo van teken verandert. Dat kan alleen via technologieontwikkeling en technologiediffusie vanuit rijke landen.

De lange termijn van het klimaatprobleem en de grote mate van onzekerheid zorgen ervoor dat er geen eenduidige lasten-batenafweging is die alle partijen aanzet tot deelname in internationale coördinatie. Het succes van het Montrealverdrag over ozon kan niet zomaar naar het klimaatprobleem worden gekopieerd.

Dat neemt niet weg dat over het doel en de beginselen van de UNFCCC internationaal wel grote overeenstemming bestaat. Het probleem begint bij het operationaliseren van de beginselen. Dat vraagt een lang onderhandelingsproces op basis van de UNFCCC. Het gaat hierbij bovenal om inhoudelijke kwesties van emissiereductie (en door wie en wanneer), maar tevens om een gebrek aan institutionele prikkels voor effectieve samenwerking. Wat het laatste betreft, kan worden vastgesteld dat de COP's nauwelijks prikkels genereren en wel enkele pertinente nadelen hebben (zoals excessieve politisering). Een op te richten WCO (World Climate Organisation) kan coördinatie stimuleren en aanzienlijk in kwaliteit verbeteren. De WCO zou een vaste organisatie hebben, met daaromheen vaste diplomatieke missies. De juridische en technische implementatie, alsmede het grondig voorbereiden van ingewikkelde onderhandelingen zijn gediend met deze opzet. Een soort dagelijks bestuur – de SCC (Special Climate Council) – dient sturend te zijn voor de richting en ambitie van de WCO, hoewel uiteindelijk draagvlak dient te worden geschapen in de wereldwijde WCO Council op ministerieel niveau, die met grotere tussenpozen bijeenkomt. De SCC moet bestaan uit de (zeg) acht grootste vervuilers – die *ownership* in wederzijds belang kunnen uitoefenen – naast (zeg) zeven roulerende landenleden die eveneens de roulerende voorzitter uit hun midden kiezen.

Wat de inhoudelijke kwesties betreft, impliceert het voorgaande dat de Kyoto-benadering niet voldoende zal zijn. Dat hoeft een groep van voorlopers er niet van te weerhouden toch langs deze weg voort te gaan, maar de omvang van de verplichtingen die die voorlopers op zich nemen zal niet toereikend zijn voor het probleem. Daarom is naast de Kyoto-benadering een veelkleurige flexibiliteit nodig van minder harde verplichtingen, die in uiteenlopende internationale verbanden kunnen worden overeengekomen. Het risico daarvan is een te grote vrijblijvendheid. Leiderschap van coalities en binnen coalities, op basis van de UNFCCC en later in de SCC van de WCO, kan die vrijblijvendheid verminderen. Het zelfgekozen leiderschap van de EU is daarom functioneel, maar mag niet zo ver voor de troepen uitlopen dat daarmee de betrokkenheid van anderen ondermijnd wordt. Dat is contraproductief en bovendien zinloos duur.

NOTEN

1 De analogie met de *special and differentiated treatment*-clausule in de General Agreement on Tariffs and Trade (GATT) dringt zich op; wel is het zo dat deze clausule geen vrijbrief heeft betekend, vooral niet omdat de Uruguay-ronde een soort alles-of-nietsbeginsel heeft gehanteerd, waardoor alle ontwikkelingslanden in de WTO zich gewoon aan de resultaten van Marrakesh gebonden weten; wel is binnen de Uruguay-ronde op allerlei wijzen rekening gehouden met arme landen, door uitzonderingen en latere termijnen, en dat geldt in nog sterkere mate voor de Doha-ronde.

2 Verder speelde het precedent van het Montreal-protocol (over ozonbestrijding) een rol: volledige compensatie van de lasten van het uitbannen van drijfgassen, enzovoorts, voor arme landen.

3 De afdwinging is driemaal hard getest bij landen als Oekraïne, Wit-Rusland en Rusland. Door unanieme afwijzing van een speciale status die Rusland wilde, is uiteindelijk respect voor het verdrag afgedwongen, zij het met meer hulp voor de Russen.

4 Interessant is dat de beslissing door de COP-11 is genomen (alle UNFCCC-landen) en niet door de MOP (alleen de deelnemende landen van het Kyoto-protocol).

5 Er staan geen sancties op niet-rapportage onder de UNFCCC. Wel onder het Kyoto-protocol, maar dan alleen voor Annex I-landen die geratificeerd hebben.

6 Iets soortgelijks geschiedt in de GATT/WTO met de Trade Policy Review (TPR), waarbij de handelspolitiek van een verdragspartij wordt doorgelicht in een openbare procedure. Ieder WTO-lid moet hier echter aan meedoen en de hoofdrapportage wordt door het secretariaat van de WTO gemaakt. Dit TPR-mechanisme omvat dus alle leden en garandeert serieuze, objectieve rapporten. De UNFCCC zou dit uiteindelijk dienen te bereiken.

7 Zie WT/CTE/W/160/Rev.2, TN/S/5, 25 april 2003 (WTO).

8 Zie onder andere het achtergronddocument ‘Trade and environment at the WTO’, april 2004, Genève, WTO.

6 EEN NEDERLANDSE EN EUROPESE KLIMAATSTRATEGIE

6.1 KLIMAATSTRATEGIE VEREIST AMBITIE EN REALISME

Een effectief en efficiënt klimaatbeleid vereist een ongewone combinatie van realisme en ambitie: het realisme vertrekt vanuit het bestaande, maar kan daarvan onvoldoende loskomen; de ambitie richt zich op wat nodig is, maar ontaardt zonder realisme in luchtfietserij.

In het afgelopen decennium heeft het aan ambitie niet ontbroken. De Europese Unie (EU) heeft met het vaststellen van de 2 °C-doelstelling het voortouw genomen. Volgens deze doelstelling mag in het jaar 2100 de temperatuur maximaal 2 °C boven het pre-industriële niveau uitkomen. Bovendien is er internationale overeenstemming bereikt over het algemene doel de gevaarlijke menselijke invloed op het klimaat te vermijden. Dit is vastgelegd in de United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Daarnaast is in 1997 een eerste praktische uitvoering van gecoördineerd mondiaal klimaatbeleid geoperationaliseerd in het inmiddels in werking getreden Kyoto-protocol. Helaas leidt dat protocol slechts bij een beperkte groep landen daadwerkelijk tot emissiereductie en alleen voor een (in klimaattermen) ultrakorte periode. De veel omvangrijkere uitstoot van broeikasgassen op heuse wereldschaal moet nog beginnen en dat terwijl de energievraag de komende decennia zeer krachtig toeneemt.

Als de raad onderstreept dat een ongewone combinatie van ambitie en realisme nodig is, dan vloeit dat voort uit het besef dat de 2 °C-doelstelling bijzonder ambitieus is. Hierover dient geen misverstand te bestaan. De 2 °C-doelstelling vereist naar het huidige inzicht dat de netto-emissie van broeikasgassen (GHG's) op wereldniveau rond 2050 zo laag is dat de voorraad GHG's in de atmosfeer tegen het einde van de eeuw stabiliseert op 550 ppmv CO_2-equivalenten. Dit rapport laat zien dat het in beginsel mogelijk is wereldwijde emissiereductieroutes te kiezen die de vereiste ambitie verwezenlijken. Dat is goed nieuws.

Maar dat wil helemaal niet zeggen dat de 2 °C-doelstelling niet buitengewoon veeleisend is. Integendeel, een inschatting van welke strategie wereldwijd feitelijk kan worden verwezenlijkt, verlangt een nuchtere beoordeling van belangen en beleidsprioriteiten van alle landen en bovenal van een beperkt aantal grote vervuilers met andere voorkeuren dan de EU en zeker Nederland. Er bestaat soms een neiging dit vereiste realisme niet te willen erkennen: wie daarop wijst is een spelbreker. Een dergelijke opstelling lijkt echter eerder een uitdrukking van de wens om de ambities dan maar niet wereldwijd maar bovenal met overtuigde landen na te streven, alsmede van een verlangen om de emissiereductie in die groep zo snel mogelijk te bereiken. Naar de mening van de raad kan de combinatie van veel ambitie en weinig realisme zeer gemakkelijk de kosten opdrijven, zonder dat zij de wereldwijde effectiviteit – en alleen die telt voor het klimaat –

ondersteunt. Tegelijk bepleit de raad een ambitieus klimaatbeleid. Het ambitieloos afwachten tot andere landen leiderschap vertonen, strookt noch met het Nederlandse langetermijnbelang, noch met de evidente voorkeuren van de Nederlandse bevolking. Zo'n houding grijpt ook niet de potentie en kansen aan die het voor Nederland en de EU mogelijk maken de effectiviteit van de wereldwijde klimaatstrategie te verhogen.

De raad is bezorgd over zowel de effectiviteit als de efficiëntie van het Nederlandse klimaatbeleid. Beleid moet effectief zijn, in de zin dat de 2 °C-doelstelling wordt bereikt. Ook moet het efficiënt zijn, in de zin dat dit doel met zo gering mogelijke kosten worden gehaald (zie paragraaf 5.2.3). Bovendien dient klimaatbeleid 'robuust' te zijn, gezien de enorme onzekerheden: de strategie moet zo veel mogelijk anticiperen op uiteenlopende scenario's (hoofdstuk 2).
Kijkt men naar klimaatbeleid in het licht van allerlei *andere* belangrijke maatschappelijke doelen (zoals gezondheidszorg, onderwijs, minder armoede in de wereld en energiezekerheid), dan wordt het lastiger. Dit dwingt tot afwegingen tussen, zeg, het aanwenden van een euro nu of over tien jaar voor onderwijs in arme landen en besteding van diezelfde euro aan klimaatbeleid. Deze afweging van wenselijke klimaatdoelen tegen andere wenselijke doelen in de tijd en voor de wereld, niet Nederland alleen, is problematisch door de grote onzekerheden over de gevolgen van klimaatverandering en over de effectiviteit van handelingsopties. Er zullen keuzen moeten worden gemaakt: die onzekerheden moeten, hoe onbekend ook, worden afgewogen. Het voorzorgsbeginsel kan die afweging niet vervangen. Anders gezegd, het zou getuigen van een tunnelvisie indien men de ambities en inspanningen omtrent klimaatbeleid niet in deze brede maatschappelijke context zou plaatsen.

Klimaatbeleid kan alleen effectief zijn indien het is ingebed in een mondiale strategie voor een lange termijn van zeker twee generaties. Door het EU- en Nederlands beleid alleen te schikken naar eigen preferenties, eigen tijdpaden en eigen belangen wordt het ineffectief en zal het de kosten opjagen. Bovendien is klimaatbeleid niet synoniem met emissievermindering. Het gaat om de combinatie van aanpassing, emissiereductie en wereldwijde coördinatie en hun onderlinge samenhang op langere termijn. Naar het oordeel van de raad voldoet het huidige klimaatbeleid van de EU, en Nederland daarbinnen, niet aan de hier genoemde criteria. Daardoor wordt de legitimiteit ervan vroeger of later ondergraven en kunnen de kosten enorm oplopen zonder dat de feitelijke baten dit rechtvaardigen.

In dit slothoofdstuk zet de raad een klimaatstrategie uiteen waarin effectiviteit en efficiëntie vooropstaan. Daarmee wil de raad koers geven aan het beleid dat al wel bezig is oude, ineffectieve benaderingen los te laten, maar dat nog onvoldoende nieuwe richting heeft. Garanties kunnen niet worden gegeven. Dat kan niet, omdat zovele spelers over een zeer lange termijn het resultaat mede bepalen, omdat uiteindelijk nog nadere technologische vooruitgang vereist zal zijn en omdat er nog steeds grote onzekerheden omtrent het klimaat bestaan. Dit

rapport beoogt niet zozeer een technische inventarisatie van kosteneffectieve emissiereductieopties te geven, maar wil wel een schets geven van te maken strategische keuzen.

De zo gewenste combinatie van ambitie en realisme van een klimaatstrategie heeft te maken met een aantal dwingende vereisten voor effectiviteit en efficiëntie, die eerder zijn besproken:
- De strategie moet mondiaal zijn. Europa en Japan bepalen noch de wereldemissies, noch de mondiale politieke agenda.
- Er geldt een tijdshorizon van meerdere generaties.
- Er is een strategisch inzicht nodig in de keuzen en prioriteiten (in het licht van kosten en baten) over die lange periode en dat voor de wereld als geheel, niet voor Nederland of de EU.
- Men moet een open oog hebben voor de voorkeuren en belangen van andere grote spelers.

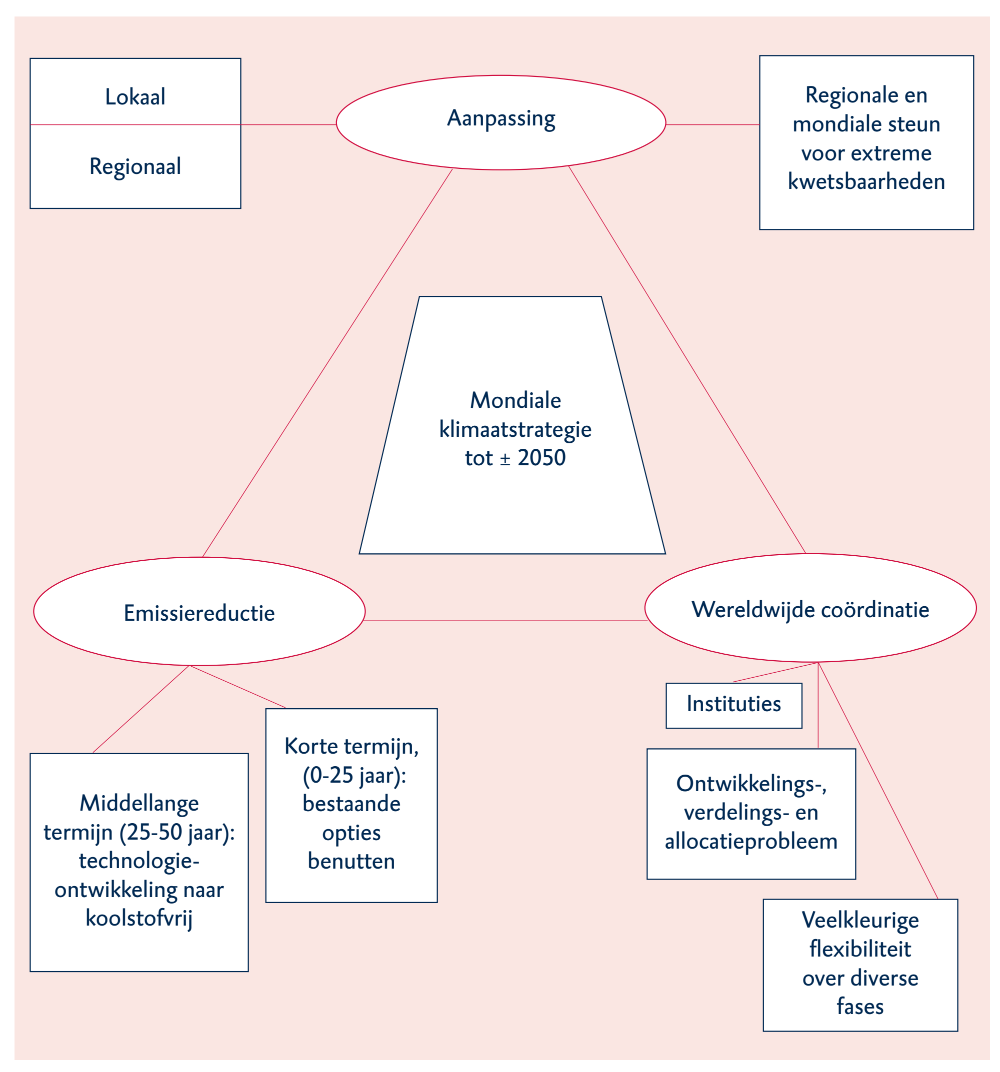
Deze criteria voor effectiviteit en efficiëntie zijn kaderstellend voor de centrale vraagstelling van dit WRR-rapport: *hoe kan Nederland als lidstaat van de Europese Unie een effectief klimaatbeleid voeren vanuit een wereldwijd en strategisch perspectief?* Het gaat dus om de Nederlandse opstelling die in internationaal verband mede vormgeeft aan het beleid van de EU.

De wijze waarop ambitie en realisme worden gecombineerd, luistert nauw. Hoofdstuk 4 laat ondubbelzinnig zien dat een strategie van spoedig op grote schaal overschakelen op hernieuwbare energie wel duur, maar wereldwijd niet effectief zal zijn. Realisme is hier geboden. De ambitie van effectief emissiereductiebeleid is dan gelegen in het spoedig verlagen van emissies van GHG's, maar met alternatieve methoden en verschuivende prioriteiten in de tijd, terwijl ondertussen innovatie de efficiëntie en effectiviteit van hernieuwbare energie significant dient te verbeteren. Hoofdstuk 5 laat zien dat effectieve, wereldwijde coördinatie moet waken voor een verwijdering tussen voorlopers met specifieke preferenties en overige spelers met andere prioriteiten, met ineffectiviteit als gevolg. Het zijn juist die andere spelers en niet de EU en Japan (en enkele medespelers zoals Canada), die reeds nu bepalend zijn voor emissietrends en hun dominantie neemt de komende jaren snel toe. Hoe urgent men emissiereductie ook mag beschouwen, het is onontbeerlijk dat wereldwijd te doen en derhalve andere spelers erbij te betrekken door hun belangen te erkennen. De ambitie om daarin te slagen is een geheel andere dan (te) vaak in klimaatdebatten wordt besproken. De noodzaak of, zo men wil, het realisme om een open oog te hebben voor de belangen van anderen mag en kan niet worden beschouwd als het 'verwateren' van beleidsambities. Integendeel, effectieve wereldwijde coördinatie heeft alleen kans van slagen indien zij geschiedt op basis van daadwerkelijke deelname van alle grote spelers.

In het licht van de formidabele opgaven van emissiereductie en wereldwijde coördinatie over minstens twee generaties, en gezien de grote onzekerheden

alsmede nog benodigde innovaties, is het verstandig tegelijk rekening te houden met een te geringe effectiviteit van de uiteindelijk mondiaal verwezenlijkte klimaatstrategie. Wat men niet wenst of hoopt, kan toch geschieden. Vandaar dat aanpassing om twee redenen van belang is en als onderdeel van klimaatbeleid moet worden beschouwd. Ten eerste omdat (enige) klimaatverandering onontkoombaar is en dus op termijn concrete maatregelen zijn vereist. Ten tweede dient robuust beleid te worden gevoerd voor toekomstige generaties, hetgeen voor Nederland betekent dat opties dienen te worden opengehouden zoals ruimtereserveringen waarvan het nut momenteel nog onzeker is. Ook hier geldt een combinatie van realisme en ambitie, want de toekomstige generaties in ons land hebben nu geen stem.

Figuur 6.1 Drie beleidssporen van effectief klimaatbeleid



Bron: WRR

De drie beleidssporen van een zo effectief mogelijke klimaatstrategie zijn geschetst in figuur 6.1: aanpassing, emissiereductie en wereldwijde coördinatie.

Deze figuur brengt de hoofdstukken 3, 4 en 5 samen en vermeldt de hoofdelementen die daar zijn behandeld. De belangrijkste signalen en beleidsaanbevelingen zullen hierna worden vermeld en in een context worden geplaatst. Daarbij geldt dat sommige aanbevelingen ingaan op de vraag *wat* er moet gebeuren en andere op de vraag *hoe* dat moet gebeuren. Die splitsing is nodig, omdat de *wat-vraag* steeds mondiaal is, terwijl de *hoe-vraag* ingaat op de Nederlandse en Europese opstelling.

De raad ziet de tien hierna volgende beleidsaanbevelingen als een evenwichtige inzet voor een strategische heroriëntatie van een zowel realistisch als ambitieus klimaatbeleid.

6.2 EEN HOGE PRIORITEIT VOOR AANPASSING

Redenen voor een hoge prioriteit

Aanpassing aan een veranderend klimaat in Nederland is om vier redenen van groot belang.

Ten eerste: ook wanneer mondiaal een succesvol emissiereductiebeleid wordt gevoerd, zal het klimaat in de komende eeuw veranderen (zie hoofdstuk 2). De benodigde aanpassing aan die klimaatverandering is in theorie afhankelijk van de mondiale emissiereductie-inspanning. In de praktijk is een afweging tussen nationale aanpassingen aan klimaatverandering en mondiale emissiereductie van broeikasgasemissies nauwelijks mogelijk. Overigens is het klimaat nooit stabiel geweest. Emissiereductie is vooralsnog niet gericht op het stabiliseren van het klimaat, maar op het vertragen van het veranderingstempo. Aanpassing is vaak verstandig en kan kosteneffectief zijn.

De tweede reden voor een hoge prioriteit voor aanpassing ligt in de vooralsnog geringe geloofwaardigheid van gecoördineerde emissiereductie op wereldvlak. De hoofdstukken 2 en 4 hebben laten zien dat mondiaal een aanzienlijke emissiereductie-inspanning is vereist om de wenselijke afzwakking van de te verwachten klimaatverandering te realiseren. Een optelsom van de potentie van bestaande technieken en mogelijkheden laat zien dat deze emissiereductie waarschijnlijk technisch mogelijk is. Het huidige vermogen van de wereldgemeenschap om gecoördineerd dit klimaatbeleid te verwezenlijken, blijkt echter volstrekt onvoldoende te zijn. De raad schat de kans dat de door de EU gekozen 2 °C-doelstelling zal worden gerealiseerd niet hoog in, maar is ook van mening dat Nederland noch Europa zich daarbij moet neerleggen. Bovendien bestaat de mogelijkheid dat signalen van klimaatverandering bij meer landen tot verandering van preferenties leiden, hetgeen de kansen kan doen keren. Toch bestaat er een significant risico dat het coördinatievermogen ondanks inspanningen uitein-

delijk tekort zal schieten, en daarmee dat de klimaatverandering belangrijk sneller en verdergaand zal verlopen dan in het door de EU gewenste scenario. Robuust beleid dient daarop expliciet te anticiperen door tijdige aanpassing, zonder in een *selffulfilling prophecy* te vervallen.

De derde reden voor een hoge prioriteit voor aanpassing is gelegen in de invloed die kwetsbaarheid heeft op de onderhandelingspositie van Europa. Hoewel men vanuit ethische en billijkheidsoverwegingen kan beredeneren dat het juist zou zijn dat de vervuiler betaalt en hoewel dit naar de mening van de raad ook krachtig moet worden nagestreefd, is het in de internationale arena eerder praktijk dat juist degene die schade lijdt betaalt. Met name in de Verenigde Staten (VS) stelt men soms (terecht of ten onrechte) dat de kwetsbaarheid voor klimaatverandering daar meevalt, wat de urgentie van emissiereductie-inspanningen van de zijde van de VS zou verminderen.

De vierde reden om meer aandacht te besteden aan het voor aanpassing belangrijke waterbeleid heeft strikt genomen weinig met klimaatverandering te maken, maar met ander beleid dat in het verlengde daarvan ligt. Het gaat hier om de achterstand die Nederland in de afgelopen decennia heeft opgelopen in een kosteneffectieve beveiliging tegen overstromingen. Deze achterstand is ontstaan doordat de veiligheidsnormen geen gelijke tred hebben gehouden met de economische waarde van het te beschermen goed. Dit effect is groter dan de verwachte effecten van klimaatverandering, althans in deze eeuw.

De raad meent dat in de klimaatstrategie tot nu toe te vanzelfsprekend is uitgegaan van een gebrek aan aanpassingsvermogen, dan wel van aanpassing als tweede keus, omdat emissiereductie niet (meer) voldoende kan zijn om klimaatverandering te voorkomen. Ook wordt er te gemakkelijk van uitgegaan dat aanpassing alleen een zaak voor de overheid is. Op tal van niveaus is echter een creatieve inzet beschikbaar en worden oplossingen ontwikkeld voor concrete problemen.

Aanpassing is een realistische optie

Aanpassingsbeleid kan internationaal gecoördineerde emissiereductie niet vervangen, maar is – in elk geval voor Nederland en in de eerstkomende honderd jaar – wel aanzienlijk eenvoudiger. Aanpassing wordt in het denken over klimaatverandering ten onrechte als ‘nederlaag’ aangemerkt. Aanpassing, waar mogelijk en niet te duur of ontwrichtend, is lokaal aantrekkelijk, omdat de vruchten van de lokale inspanning ook lokaal worden genoten, terwijl dat bij emissiereductie slechts in geringe mate het geval is. Dit geldt in Nederland, maar ook op andere plaatsen. Deze vruchten slaan op de nettobaten op lange termijn; de kortetermijnkosten in een dichtbevolkt land als Nederland zullen daarvoor eerst moeten worden gemaakt.

Hoewel aanpassing op vele plaatsen mogelijk en aantrekkelijk is, biedt zij niet overal op aarde uitkomst, of kan zij zo kostbaar en ontwrichtend zijn dat op

sommige plaatsen uiteindelijk algehele emigratie onvermijdelijk wordt. Vandaar dat men aanpassing niet in alle gevallen uitsluitend lokaal kan bezien. De wereldgemeenschap kan het aanpassingsvermogen van arme landen versterken of aanvullen en zal, vroeg of laat, zich voldoende gelegen moeten laten liggen aan kwetsbaarheden die existentieel of ontwrichtend zijn voor hele gebieden of volkeren. Naar de huidige kennis zullen die kwetsbaarheden bij een temperatuurstijging tot circa 2 °C waarschijnlijk gering in aantal en omvang zijn, maar daarom niet minder bedreigend voor de desbetreffende zones. Nederland dient op mondiaal niveau te helpen het aanpassingsvermogen van kwetsbare ontwikkelingslanden en vlakke eilanden te versterken. De recente Conference of Parties (COP-11) in het verband van de UNFCCC in Montreal heeft deze behoeften terecht benadrukt. Nederland kan – naast financiële overdrachten op multilateraal niveau – zich in bilaterale overeenkomsten concentreren op concrete projecten op terreinen waar het een wereldwijde reputatie heeft, zoals waterbouw.

De komende eeuw kan Nederland zich in redelijke mate aanpassen aan de te verwachten klimaatverandering. Voor Nederland staat de waterhuishouding centraal; deze verdient in relatie tot de overstromingsveiligheid hoge prioriteit. Daarnaast is ook aandacht voor natuurwaarden en ecologie op zijn plaats. Klimaatverandering brengt voor het landelijke gebied niet alleen bedreigingen met zich mee. Er zijn ook kansen en voor een deel zijn die kansen in het kielzog van te treffen maatregelen te scheppen. Tussen overstromingsveiligheid en woningbouw of natuurbouw bestaat in voorkomende gevallen synergie. Die synergie kan men gebruiken om draagvlak voor aanpassingsmaatregelen te creëren.

Aanbeveling 1
De raad bepleit een hoge prioriteit voor aanpassing in brede zin aan een zich veranderend klimaat in Nederland. Aanpassing is geen nederlaag maar een effectieve vorm van probleemoplossing.

Het gaat vooral om het openhouden van mogelijkheden

Maatregelen in het kader van de overstromingsveiligheid vergen grote investeringen en hebben een langetermijnkarakter. Het is mogelijk om voor deze investeringen een gefaseerde aanpak te kiezen. Bij de uitvoering van het Deltaplan grote rivieren is dit ook de gevolgde strategie. Het is vrijwel onmogelijk te voorspellen welke maatregelen men uiteindelijk zal moeten nemen om een aanvaardbaar niveau van veiligheid tegen overstromingen te garanderen. Anderzijds is het nauwelijks mogelijk, of althans erg kostbaar, een gefaseerde aanpak te kiezen voor ruimtelijke reserveringen ten behoeve van het overstromingsveiligheidsbeleid. Een ongebreidelde verstedelijking in gebieden die in de toekomst voor de waterhuishouding benodigd kunnen zijn, kan ons duur komen te staan. Omdat Nederland bij lange na nog niet is volgebouwd, bestaan er vrijheidsgraden voor verstedelijking. Een deel van die vrijheidsgraden moet nu voor reserveringen worden benut: bouwen op andere plaatsen dan men tot nu toe gewend is.

De gevolgen van klimaatverandering voor de waterhuishouding zijn allerminst zeker. Politiek gezien is de afweging die voorligt, lastig. Horizontale berging, dat wil zeggen rivieren de ruimte geven om een lager waterpeil te bereiken, is een optie voor de verdere toekomst, maar daartoe moeten nu reeds ruimtelijke reserveringen worden gemaakt voor mogelijke toekomstige natte bestemmingen. Het is niet zeker dat die reserveringen ooit zullen worden benut. Een dubbelbestemming ligt dus voor de hand. Natte reservering kan goed samengaan met groene bestemmingen (natuur). Zij sluit echter rode (bebouwde) bestemmingen vrijwel uit: zelfs als gebruikers er klip en klaar van zouden worden doordrongen dat bescherming tegen overstroming niet kan worden verwacht, zou de nieuw gecreeerde werkelijkheid van bebouwing eigen wenselijkheden creëren die strijdig zijn met de natte bestemming. Tijdig gemaakte ruimtelijke reserveringen vragen op zichzelf nog geen budget voor te zijner tijd uit te voeren werkzaamheden, maar brengen wel hoge alternatieve kosten met zich mee van niet-gerealiseerde mogelijkheden. Ze drukken dus niet op de begroting, maar wekken wel veel weerstand op. Te laat gemaakte ruimtelijke reserveringen zullen daarentegen extreme budgettaire kosten teweegbrengen voor het uitkopen van rode bestemmingen, kosten die andere prioriteiten verdringen.

Grote delen van Nederland zijn kwetsbaar voor overstromingen. Vooral in het deltagebied bij de monding van de grote rivieren kunnen op termijn gevaarlijke situaties ontstaan, als zich een gelijktijdige opstuwing van de zee en een afvoergolf in de grote rivieren voordoet. Juist hier ligt het economische zwaartepunt van Nederland. Ter vermijding van dergelijke situaties is het noodzakelijk dat bovenstrooms maatregelen kunnen worden genomen om de afvoergolf af te toppen en dat tegelijk de kustverdediging op peil wordt gehouden. Geactualiseerde kosten-batenberekeningen zijn daarvoor noodzakelijk.

Om maatregelen te kunnen treffen om het overstromingsrisico beperkt te houden, is draagvlak onder de bevolking nodig. Dat is een open deur, maar het kan niet genoeg worden gezegd, aangezien steeds weer blijkt dat maatregelen die op nationale schaal wenselijk lijken, op lokale schaal op weerstanden stuiten die uiteindelijk het nationale beleid van koers doen veranderen. De zogenoemde interactieve besluitvorming leidt ertoe dat de belangen die vanuit het rijk worden ingebracht, tegen provinciale en lokale belangen worden afgewogen. Die afweging is op zichzelf niet fout, maar bij zaken van nationaal belang moet dit vooral resulteren in een betere inpassing in de lokale context en niet in een afzwakking van nationale doelen. In het ruimtegebruik moeten prioriteiten worden gesteld. De vraag is dus of de waterhuishouding dominant kan zijn voor het ruimtegebruik. Op sommige plaatsen moet water prioriteit hebben boven bebouwing in plaats van omgekeerd, hetgeen kan impliceren dat op andere plaatsen bebouwing prioriteit krijgt boven water en natuur. Een hogere prioriteit voor de waterhuishouding vraagt een sterkere positie van de rijksoverheid ten koste van die van lagere bestuursorganen. Het belang van overstromingsveiligheid van de primaire waterkeringen is gebaat bij een grotere bewustwording van het overstromingsrisico. Hoe moeilijk het ook is om langdurig draagvlak te realiseren voor beleid

gericht op overstromingsveiligheid, een euro die daaraan wordt besteed komt veel directer ten goede aan Nederland dan een euro voor emissiereductie, waarvan het effect mondiaal sterk wordt verdund.

Aanbeveling 2
Ten behoeve van de toekomstige waterhuishouding moeten zonder uitstel ruimtelijke reserveringen worden gemaakt. Dat vereist een zwaarder gewicht van landelijke boven lokale prioriteiten, alsmede bestuurlijke aanpassingen om dit te realiseren. Omdat niet zeker is of die reserveringen zullen worden gebruikt, liggen dubbelbestemmingen van water en natuur, en uitsluiting van bouwbestemmingen voor de hand. Grote investeringen ten behoeve van overstromingsveiligheid zijn betaalbaar door een gefaseerde aanpak over een lange periode. De waterhuishouding vraagt ook internationale afstemming in de stroomgebieden van de grote rivieren.

Aanpassingsbeleid biedt ook kansen. Nederland heeft internationaal een sterke positie in de waterbouw. De toenemende intensiteit van de hydrologische cyclus van de aarde en de stijging van de zeespiegel zullen zorgen voor (nog) meer internationale vraag naar deze expertise.

6.3 EMISSIEREDUCTIE: ROUTES EN TIJDPADEN

Uitdaging: drastische vermindering van koolstofuitstoot tegen 2050

Welk concentratieniveau van GHG's in 2100 haalbaar is, wordt in overwegende mate bepaald door de emissies in de komende vijftig jaar. Dat betekent dat er te weinig tijd is om te wachten op een transitie in het energiesysteem, wil de 2 °C-doelstelling van de EU serieus haalbaar zijn. Het is een formidabele opgave te bewerkstelligen dat over de komende vijf decennia de netto-emissie voldoende zal worden verlaagd. Bij het huidige én het voorgenomen beleid (dat wil zeggen een verbetering vergeleken met *business as usual*-scenario's, BAU) blijven de CO_2-emissies van de wereld groeien: volgens het Internationaal Energie Agentschap (IEA) bedraagt die groei ongeveer 1 procent per jaar in plaats van circa 1,8 procent per jaar. Er is aanzienlijk meer inzet nodig om de trend om te buigen naar een structureel veel lager niveau, en dat moet worden bereikt ondanks een groei van de wereldbevolking en een forse economische groei in zich ontwikkelende landen. Groei heeft in deze landen prioriteit en des te sterker naarmate de kloof met de rijke landen groter is. Hieruit volgt dat in de komende decennia niet alleen de rijke landen maar ook de relatief arme landen in toenemende mate de koolstofintensiteit van de productie dienen te verminderen. Waarschijnlijk zal het emissiereductieproces na de komende vijftig jaar niet voltooid zijn, maar verder vooruitkijken heeft wat betreft emissiereductiemaatregelen vanwege de onzekerheid weinig zin. Uiteraard is het wel zaak voldoende te investeren in onderzoek en ontwikkeling (R&D) en toepassingen in niches, teneinde baanbrekende emissiereductieopties voor de periode na 2035-2050 te ontwikkelen.

De raad onderscheidt voor de komende decennia vier hoofdroutes voor het mondiale emissiereductiebeleid (zie ook figuur 4.1), namelijk: (1) vergroting van

de efficiëntie in het primaire energiegebruik, (2) verandering van de energiemix (fossiele energie, kernenergie, moderne hernieuwbare energie, enzovoort), (3) het gebruik van *sinks* die CO_2 absorberen en (4) aandacht voor overige broeikasgassen (OBG's). Een proces van technologieontwikkeling en diffusie is nodig om deze hoofdroutes succesvol te kunnen bewandelen.

Hernieuwbare energie biedt tot 2030 te weinig potentie

Hoewel efficiëntieverbetering een krachtige emissiereductieroute is, laat zelfs een optimistisch scenario, waarin naast economische groei en efficiëntieverbetering in een BAU-scenario een extra beleidsgestuurde afname van energie-intensiteit is verdisconteerd, een emissie*groei* zien van 0,7 procent per jaar; en dat terwijl een *daling* van 0,8 procent per jaar nodig is voor de 2 °C-doelstelling van de EU. Dat betekent dat voor het EU-doel een emissiereductie met circa 1,5 procent per jaar ten opzichte van dit optimistische scenario nodig is.

Voor die vergaande reductie van fossiele CO_2 zijn twee wegen: hetzij mondiale alternatieven voor fossiele energie, hetzij schonere fossiele energie. De alternatieven voor fossiele energie zijn: (1) kernenergie, met een huidig aandeel van 7 procent in het mondiale primaire energiegebruik, en dalend tot 5 procent in 2030; (2) hernieuwbare energie, met een huidig aandeel van 13 procent. Bij die hernieuwbare energie gaat het echter voor ruim de helft om traditionele biomassa. Het aandeel van deze traditionele biomassa (die voortvloeit uit armoede) lijkt te gaan dalen naar 6 procent in 2030, en daarvan moet het emissiereductiebeleid het in elk geval níet hebben. Voorts gaat het om waterkracht, met een huidig aandeel van 2 procent in het primaire energiegebruik, welk aandeel nauwelijks of niet valt uit te breiden. Zou men hernieuwbare energie tot belangrijke pijler van een klimaatstrategie willen maken, dan zou de bijdrage moeten komen van zonne-energie, windenergie en moderne biomassa. Hun huidige totale aandeel van 4 procent van het primair energiegebruik zou dan, rekening houdend met de daling van de aandelen kernenergie en traditionele biomassa, moeten groeien tot zo'n 34-46 procent van het intussen sterk gegroeide primaire energiegebruik.

Hoofdstuk 4 laat zien dat dit geen realistische strategie kán zijn. Het aandeel van moderne biomassa is nu 3,5 procent, dat van zon en wind 0,5 procent. Het IEA voorspelt in zijn referentiescenario voor deze groep moderne hernieuwbare energie een aandeel van 6,3 procent in 2030. Hernieuwbare energie vormt vooralsnog alleen in de sector elektriciteit (met een aandeel in dat primaire energiegebruik van 35% groeiend naar 38% in 2030) een alternatief voor fossiel energiegebruik. Om dan toch een aandeel van 34-46 procent in de primaire energie te krijgen, zou de fossiele energie geheel uit de elektriciteitssector moeten worden verdrongen – en dat reeds in de komende decennia en terwijl deze sector wereldwijd stormachtig groeit. Vrijwel alle nieuwe centrales zouden dan moeten worden gebaseerd op moderne hernieuwbare energie, zoals waterkracht, wind- en zonne-energie en biomassa. De technische en economische obstakels hiervoor zijn te groot.

Omdat het gebruik van kolen voorlopig onvermijdelijk is, vergt afdoende mondiale mitigatie dat de vergassingstechnologie breed wordt toegepast voor elektriciteitsproductie, wat de concurrentiepositie van zonne-energie en windenergie (verder) onder druk zal zetten. De keuze voor kolen is dan ook tegelijk een keuze voor langdurig uitstel van toepassing van zonne-energie en windenergie, niches uitgezonderd. Moderne biomassa is veel beter compatibel met kolengebruik; daarnaast is biomassa vooralsnog het enige realistische koolstofarme alternatief dat inzetbaar is in de transportsector. Dat maakt biomassa voorlopig veel kansrijker dan zonne-energie en windenergie.

Bovendien is een relatief hoge koolstofprijs onontbeerlijk om moderne hernieuwbare energie concurrerend te maken, beduidend hoger dan de nu gangbare prijzen in de EU. Een zo hoge koolstofprijs is voor grote spelers met koleneconomieën in de wereld extra onaantrekkelijk, hetgeen de kansen voor mondiale coördinatie gevoelig vermindert. Een hoge koolstofprijs die alleen lokaal geldt, zal immers zorgen voor verplaatsing van energie-intensieve productie. Portefeuillebenaderingen (die een toenemend aandeel van hernieuwbare energie verplichtend opleggen voor bijvoorbeeld diverse tijdstippen tot 2020) impliceren kostbare voorwaarden bij de keuze van energiebronnen en verlagen de (impliciete) koolstofprijs niet; hoogstens maken ze deze minder transparant. In politiek opzicht kan een intransparante koolstofprijs misschien helpen de acceptatie van de kosten te vergroten, maar bedrijven zullen een verplichte portefeuille toch vooral beschouwen als een aantasting van hun concurrentiepositie. Om moderne hernieuwbare energie concurrerend te maken, zijn meer innovatie en hogere kosteneffectiviteit vereist. Die dienen bewust gestimuleerd te worden, waarna massale implementatie op langere termijn over meerdere decennia realistisch kan worden.

Het huidige beleid is naar de mening van de raad nog te zeer gericht op de toepassing van moderne hernieuwbare energie binnen Nederland en de EU op korte termijn, middels subsidies en portefeuilledoelstellingen. Wel is al een begin van een heroriëntatie zichtbaar, doordat afstand is genomen van het openeindkarakter van sommige subsidies.

Aanbeveling 3

De raad bepleit een realistische benadering van het inzetten op moderne hernieuwbare energie. De gigantische investeringen, wereldwijd, en het vereiste van kosteneffectiviteit dat vele landen als voorwaarde zullen stellen, impliceren dat een lange periode en een wereldwijd hoge koolstofprijs nodig zijn vooraleer bij de huidige technologie moderne hernieuwbare energie de emissies zeer fors zal doen dalen. Om die reden bepleit de raad een behoedzaam gebruik van minimumportefeuilleverplichtingen in de energievoorziening.

De raad concludeert voorts dat zeker in de eerstkomende decennia kernenergie in de mondiale energievoorziening niet kan worden gemist, zowel vanwege het toenemende belang dat internationaal wordt gehecht aan energiezekerheid als vanwege de gewenste emissiereductie. Kernenergie is veiliger en efficiënter dan

twintig jaar geleden, maar er resteren vier belangrijke problemen. Het afvalprobleem is niet alleen een technisch maar ook een bestuurlijk probleem. Het tweede probleem betreft de proliferatie van kernwapens en kerncentrales als een mogelijke leverancier of slachtoffer van terrorisme. Verder is de publieke acceptatie een probleem, hoewel die erg verschillend ligt over de wereld, zelfs binnen Europa. Het vierde probleem ten slotte betreft de enorme omvang van de initiële investeringen in een kerncentrale, de lange terugverdientijd en de gebrekkige wijze waarop externe effecten (milieu, veiligheid, enzovoort) van alle energiebronnen in de prijs ervan doorklinken. Deze problemen creëren momenteel nog obstakels voor een marktgerichte benadering. Het beperkte aandeel van kernenergie in de mondiale energiemix zal slechts met zeer grote investeringen iets kunnen stijgen, omdat het energiegebruik tegelijk geweldig zal toenemen. Kernenergie levert dus net zo min als andere technologieën de gewenste *silver bullet*. Het Massachusetts Institute of Technology (MIT 2003) rekent met een als ambitieus beoordeeld scenario waarin de capaciteit aan kernenergie tot 2050 wereldwijd verdrievoudigt tot een vermogen van 1000 GW. Afgezet tegen de huidige wereldwijde energiemix komt die groei neer op een extra emissiereductie van circa 0,8 gigaton koolstof (GtC) per jaar, minder dan een tiende van de 10 à 11 GtC per jaar ten opzichte van een BAU-scenario die nodig is voor de 2 °C-doelstelling.

De in Nederland te maken afweging is primair politiek van karakter. Welke keuze Nederland overigens ook maakt, deze zal internationaal weinig gewicht in de schaal leggen. Wel moet Nederland naar de mening van de raad bevorderen dat het taboe op kernenergie (zoals nu voor Clean Development Mechanism-projecten, CDM en Joint Implementation-projecten, JI) in een post-Kyoto-arrangement niet wordt gehandhaafd. Qua wereldemissiereductiepotentieel is het taboe irrationeel. Er zijn tevens strategische voordelen verbonden aan een voorwaardelijke ondersteuning van kernenergie in een post-Kyoto-benadering: zij dient te worden ingepast in de gangbare controles en openheid van het non-proliferatieverdrag (met inspecties van het Internationaal Atoomenergie Agentschap) en dat kan alleen maar heilzaam werken bij de beheersing van de risico's.

Aanbeveling 4

Nederland moet zijn invloed aanwenden om te bereiken dat een post-Kyoto-arrangement de optie openhoudt nieuwe generaties kernenergie te kunnen ondersteunen via CDM (Clean Development Mechanism) en JI (Joint Implementation). Kernenergie kan en zal namelijk een groot deel van deze eeuw (wellicht de gehele eeuw) op wereldwijd niveau bijdragen aan emissiereductie en aan energiezekerheid. Nederland moet de eigen nucleaire opties eerder in termen van grotere energiezekerheid op lange termijn bezien dan in klimaattermen, omdat de invloed van Nederlandse kernenergie op de mondiale emissiereductie miniem is.

Energie-efficiëntie en schone fossiele energie zijn dringend nodig

Voor elektriciteit is de verleiding om kolen aan te wenden in tal van landen met veel emissie onweerstaanbaar: kolen zijn goedkoop, de voorraden zijn enorm, de energiezekerheid in eigen land vormt een extra pluspunt en de krachtcentrales

zijn erop ingesteld. Maar kolen bevatten veel meer koolstof per eenheid energie en verergeren dus het emissieprobleem. In een dozijn koleneconomieën zoals de VS, China, India, Australië, Rusland, Indonesië, Zuid-Afrika en Oekraïne is het emissiereductiebeleid daarom bovenal een beleid dat is gericht op schone fossiele energie. Zonder een radicale aanpak van emissies uit kolengebruik over de hele wereld is elke klimaatstrategie gedoemd te falen.

Wat het gebruik van olie en gas betreft, zijn de prikkels te groot om het opmaken van de huidige bewezen voorraden te voorkomen. Het kapitaalintensieve energiesysteem is er geheel op ingericht, de brandstoffen zijn minder koolstofintensief dan kolen en het mondiaal vervoer is vooralsnog afhankelijk van olie (en eventueel vloeibaar aardgas, LNG). Voor het emissiereductiebeleid is het opmaken van de conventionele voorraden olie en gas geen onoverkomelijk probleem: de daarbijbehorende emissie past in beginsel binnen het mondiale emissiebudget tot 2050 (zie hoofdstuk 4). De relevante vraag tot die tijd is daarom niet hoe het olie- en gasgebruik kan worden voorkomen, maar hoe we een zo hoog mogelijke energie-efficiëntie kunnen bereiken en welke toepassingen de voorkeur verdienen wegens gebrek aan geschikte alternatieven.

De raad concludeert dat voor de komende decennia bij het primaire energiegebruik energie-efficiëntie en schonere fossiele energie de hoofdinzet moeten zijn.

Energie-efficiëntie kan men vooral nastreven in het eindgebruik en de opwekking van elektriciteit. Een grote slag kan en moet worden gemaakt in inefficiënte en snel groeiende economieën, waar de vraag naar elektriciteit sterk zal toenemen. In de elektriciteitssector zullen op korte termijn omvangrijke investeringen worden gedaan die de energiestructuur voor een lange periode zullen vastleggen, zodat daar een groot potentieel ligt met een zich sluitend tijdsvenster. Verwarming en koeling in de gebouwde omgeving kunnen nog veel efficiënter, niet alleen door betere isolatie, maar ook door het gebruik van restwarmte van met name elektriciteitsopwekking. Energie-efficiëntieverbetering bestaat uit een brede waaier van maatregelen die elk voor zich niet zo indrukwekkend zijn. Een hogere energie-efficiëntie dient krachtig(er) te worden nagestreefd, in Nederland, in Europa en wereldwijd. Op dit punt gaan energiezekerheid en klimaatbeleid hand in hand.

In het transport kan in de eerste twee decennia niet meer worden verwacht dan een heel geleidelijke verbetering van de emissie per gereden kilometer (bij een grote toename van het aantal gereden kilometers in nu nog arme landen). Koolstofvrije technieken voor het transport die enigszins betaalbaar en praktisch zijn, zijn vooralsnog niet voorhanden (ethanol in Brazilië uitgezonderd). Pas op langere termijn zal de vervoersector een bijdrage aan emissiereductie kunnen leveren en dan nog uitsluitend indien de technologische ontwikkeling tot kosten-effectieve doorbraken komt. De recente omslag in het denken van de regering-Bush, hoewel eerder door energiezekerheid gemotiveerd, is hierbij dan ook welkom.

Schonere fossiele energie, met name door CO_2-afvang en -opslag, is cruciaal in een dozijn (middel)grote koleneconomieën met circa twee derde van de wereldbevolking. *Carbon capture and sequestration* (CCS) is de enige emissiereductieoptie in de energiemix die daar de komende vijf decennia interessant is. Vooral in het elektriciteitsgebruik zal het ritme van vervangings- en uitbreidingsinvesteringen bijzonder hoog liggen, hetgeen grote kansen biedt om de koolstof(emissie-) intensiteit van de opwekking drastisch te verminderen. Vergassingstechnologie biedt naast lokale milieuvoordelen de optie van toepassing van CCS in een later stadium (eerst in de OESO-landen of, experimenteel, in arme landen en vervolgens wijdverbreid). Juist bij het gebruik van kolen kan CCS een extra groot reductie-effect teweegbrengen. De vergassingstechnologie opent bovendien de weg voor een sterke toename van het gebruik van biomassa, met als eindproducten elektriciteit of schone transportbrandstoffen.

De resultaten van het Nederlandse beleid gericht op verbetering van de energie-efficiëntie zijn tot nu toe onvoldoende. De gestelde doelen worden niet gerealiseerd (zie hoofdstuk 4).

Aanbeveling 5

De Nederlandse klimaatstrategie dient sterker in te zetten op energie-efficiëntie – in eigen land, in Europa en wereldwijd – en op de internationale toepassing van vergassingstechnologie en CO_2-afvang en -opslag.

Meer aandacht voor sinks

In het emissiereductiebeleid in tal van landen gaat, naar de mening van de raad, te veel aandacht uit naar fossiele CO_2-emissie, nu zo'n 6,5 GtC per jaar, en te weinig naar absorptie van CO_2 in *sinks*. De CO_2-kringloop van de planeet is aanzienlijk omvangrijker dan de menselijke CO_2-emissie (zie hoofdstuk 2). Een vergroting van de absorptiecapaciteit van *sinks* op het land van slechts 2 procent betekent al een onttrekking van 1,2 GtC per jaar. Dit ontlast, vooral in de eerstkomende decennia, de druk op investeringen in schone fossiele energie en in kostbare moderne hernieuwbare energie. Meer aandacht voor *sinks* helpt de tijdwinst te creëren die noodzakelijk is voor de geleidelijke vervanging van oude elektriciteitscentrales, voor grootschalige R&D in koolstofvrije technieken en voor een veel geleidelijkere aanpassing.

Deze route behelst het afremmen van ontbossing, versneld bebossen en herbebossen, meer houtbenutting in producten en gebouwen en ten slotte het beperken van ploegen tot waar dat voor beplanting nodig is. Combineert men deze route ook nog eens met de vergassing en CCS-technieken in de elektriciteitsvoorziening, dan kan men houtachtige biomassa aanwenden bij vergassing en aldus zelfs CO_2 onttrekken aan de atmosfeer. Dat kan de emissies elders compenseren.

Meer mondiale aandacht voor OBG's

Vooral op de korte termijn is het kosteneffectief om in te zetten op methaan en (industriële) N_2O. Tot het Kyoto-protocol is er geen prijs- of beleidsprikkel geweest om op OBG's in te zetten; met het Kyoto-protocol is dat wel het geval, maar alleen voor ontwikkelde landen met emissiereductieverplichting (Annex I-landen, die Kyoto metterdaad uitvoeren), terwijl methaan nu in hoofdzaak door arme landen wordt uitgestoten.

Reductie van methaan is om twee redenen goedkoop: anders dan bij energie (prijsdruk prikkelt efficiëntie) is er bij methaan niet eerder prijsdruk geweest, waardoor goedkope opties als 'laaghangend fruit' milieueffectief kunnen zijn; ten tweede is het emissiereductie-effect per kilo vermeden methaan veel groter dan dat van CO_2 (een factor 50 na 50 jaar; een factor 23 na 100 jaar).

Daarnaast is methaanreductie vanuit het oogpunt van timing aantrekkelijk. Door de kortere verblijftijd in de atmosfeer is het belangrijkste emissiereductie-effect in de nabije toekomst gesitueerd. Dat levert hetzelfde type tijdwinst als hierboven gesignaleerd bij aandacht voor *sinks*. Ook schept de relatief korte tijdshorizon extra risicoreductie in het licht van de ontbrekende kennis over het klimaatsysteem. Tevens kan methaanreductie helpen om ontwikkelingslanden actief te betrekken, omdat juist daar tegen lage kosten effectieve maatregelen kunnen worden genomen. Soms zijn de kosten zelfs negatief: de opbrengst van energieproductie uit afvalverwerking.

Bij de reductie van de industriële OBG's gaat het vooral om fluor- en chloorkoolwaterstoffen. Daarvoor gelden voorwaarden die enigszins lijken op die van het verdrag van Montreal (ozonbescherming). Het aantal industriële producenten is beperkt en ze zijn (nu nog) vooral gesitueerd in ontwikkelde landen. Indien men verplaatsing van productielocaties kan voorkomen door geloofwaardige sancties, zoals bij het verdrag van Montreal, kan de korte termijn benut worden om bij deze relatief agressieve gassen emissiereductie zeer ver door te voeren. Nederland moet de EU stimuleren hierin voorop te lopen. Het is hier wel degelijk mogelijk om ook de VS en andere landen (en de relevante bedrijven) tot deze reducties te bewegen.

Technologieontwikkeling en -diffusie

Goedkope emissiereductieopties zijn in de eerstkomende decennia vooral beschikbaar in ontwikkelingslanden. Technologiediffusie is nodig om die opties te realiseren. Een verregaande nadruk op de allocatie van emissiereductie-inspanningen in arme landen heeft echter wel als nadeel dat de prikkel om (in rijke landen) serieus aan koolstofvrije technologieontwikkeling te doen, vermindert: de oplossingen in ontwikkelingslanden zijn daarvoor te goedkoop. Het zogenoemde 50/50-beleid, dat de helft van de emissiereductie-inspanning binnenlands wil realiseren, is ten dele bedoeld als prikkel voor R&D, teneinde dit bezwaar te ondervangen.

De raad meent echter dat een duidelijk onderscheid moet worden gemaakt tussen innovatie en implementatie. Geforceerde implementatie van nog niet rijpe technologieën brengt hoge kosten met zich mee, die niet opwegen tegen de kleine incrementele verbeteringen die zo'n beleid stimuleert. In de periode tot circa 2030 zullen de marktprikkels voor radicale verandering nog relatief gering blijven wegens goedkope reductieopties in arme landen. Juist omdat R&D zo belangrijk is, neemt de raad afstand van het 50/50-beleid: de beleidsregel is noch doelmatig voor het tot stand brengen van emissiereductie, noch effectief voor het realiseren van R&D.

Het R&D- en innovatietraject van Nederland en de EU dat transities naar emissievrije technologie en vervoer bevordert, dient voldoende ambitieus te zijn en te blijven, decennialang, en moet zich richten op radicaal nieuwe technologieën. Deze inzet van Nederland en de EU dient nog verder geïnternationaliseerd te worden, in ieder geval in samenwerkingsverbanden met de VS, Canada en Japan. Binnen de EU biedt het zesde kaderprogramma R&D hiervoor al mogelijkheden. De besluitvorming over het zevende kaderprogramma is reeds in een vergevorderd stadium. In die kaderprogramma's wordt het beschikbare R&D-budget aanzienlijk verhoogd (maar veel minder dan aanvankelijk voorzien). Krachtig Europees R&D-beleid met betrekking tot emissievrije energietechnologie kan deels de nationale publieke R&D-uitgaven vervangen, waardoor de voorkeur van de lidstaten om het EU-budget vooral niet te laten stijgen, toch niet wordt ondermijnd. Nederland moet bevorderen dat energiezekerheid en duurzame energie binnen die kaderprogramma's een groter gewicht krijgen. Maar hoge publieke budgetten voor R&D brengen ook risico's met zich mee, bijvoorbeeld van *lock-in* en van instabiel beleid als gevolg van concurrentie met andere overheidsuitgaven. Mede om die reden moet Nederland ook alternatieven ontwikkelen voor die EU-programma's. We komen daar in paragraaf 6.5 op terug.

Aanbeveling 6

De raad bepleit een duidelijk onderscheid tussen innovatie en implementatie. Innovatie moet vooral worden gestimuleerd via r&d en kan slechts in beperkte mate via implementatiesubsidies worden bereikt. Het 50/50-beleid is noch doelmatig noch effectief. De Nederlandse transitiestrategie naar emissievrije technieken moet ingebed zijn in een wereldwijde klimaatstrategie (en dus niet in een louter Nederlandse strategie) en gerelateerd zijn aan de mondiale heersende prioriteiten (zoals schone fossiele energie). Dat impliceert andere prioriteiten dan die welke alleen zijn afgestemd op Nederlandse voorkeuren.

Er zijn bij de keuze van emissiereductietechnologieën twee cruciale variabelen bepalend, namelijk de *potentie* van een technologie om bij te dragen aan de probleemoplossing en de *termijn* waarop die potentie kan worden gerealiseerd. Voor de lezer is het niet eenvoudig de consequenties van het gelijktijdig beschouwen van deze twee variabelen voor een waaier van technologieën te overzien. Vandaar dat figuur 6.2 hier een illustratieve weergave van beoogt te geven. Die figuur brengt uitsluitend de methode van waardering in beeld en geeft een gestileerd beeld van de betekenis van timing in de strategie, maar gaat niet in op de

precieze details. Bovendien is de potentie voor probleemoplossing mede afhankelijk van de preferenties (de bereidheid tot betalen) en van de kosteneffectiviteit en rijpheid van technologieën, waarvan de leercurven per definitie moeilijk voorspelbaar zijn. De invulling van de figuur is dus ook afhankelijk van een momentane inschatting en kan in de loop van de tijd veranderen. De ideale technologie is gesitueerd in de linkerbovenhoek en strekt zich uit over de gehele breedte: effectief, onmiddellijk en langdurig beschikbaar. Zoals passend bij een ideaaltype is die linkerbovenhoek leeg.

Figuur 6.2 Trajecten van technologieën naar rijpheid en emissiereductiepotentie

Bron: WRR

6.4 DE EFFECTIVITEIT VAN WERELDWIJDE COÖRDINATIE

De internationale coördinatie van emissiereductiebeleid is naar haar wezen een lastige onderneming. Om de kans op succes te vergroten, moet men daarbij kiezen voor een constructieve opstelling. Dit betekent dat, waar mogelijk, moet worden aangeknoopt bij nevenbaten (die meer aanspreken dan klimaat) en bij belangen van andere landen, en dat alle landen, dus ook de huidige Kyoto-groep, dienen open te staan voor een breed palet van initiatieven naast elkaar. Een geleidelijke ontwikkeling naar meer verplichtende overeenkomsten biedt weliswaar geen garantie voor succes, maar zal naar verwachting van de raad uiteindelijk meer emissiereductie opleveren dan rigide vast te blijven houden aan ingrijpende verplichtingen waaraan te weinig landen zich willen committeren.

Rijke landen betalen (mee aan) de emissiereductie in arme landen

De coördinatievraag gaat over wie wat, hoe intensief en wanneer doet of daarvoor betaalt. In de eerstkomende decennia is het de grootste opgave om ervoor te zorgen dat industrialiserende en arme landen hun economische groei op een emissie-efficiënte wijze realiseren. De marginale kosten van emissiereductie zullen in deze landen nog decennialang laag zijn. Een rationele allocatie van middelen vraagt dus veel emissiereductie in ontwikkelingslanden. Dat zal alleen geschieden indien de OESO-landen zorgen voor het verspreiden en verder ontwikkelen van de daarvoor benodigde technologie en geheel of gedeeltelijk betalen voor de toepassing daarvan. De verdelingskwestie handelt dan over de overdrachten of andere vormen van directe of indirecte betalingen aan arme landen. In zeer beperkte mate geschiedt dat nu reeds onder de UNFCCC en, in het Kyoto-protocol, via het CDM, waarbij de emissiereductieplichtige rijke landen emissiereducties realiseren in arme landen zonder verplichting.

Nederland moet zijn klimaatbeleid verbinden met ontwikkelingswerk. CDM-projecten onder een minder bureaucratisch en beter geëquipeerd regime dan nu zijn hiertoe een uitgelezen middel. Mogelijkheden liggen hier op korte termijn vooral in de sfeer van methaan in combinatie met biomassa. Via CDM-projecten kan Nederland ook de geloofwaardigheid van zijn leiderschapspositie onderbouwen en uitventen door het goede voorbeeld te geven. Gegeven de mondiale emissiereductieroutes kunnen we drie speerpunten voor voorbeeldprojecten in de CDM-sfeer aanwijzen:

- vergassingstechnologie en CCS-technologie inpassen of inpasbaar maken in vooral nieuw te bouwen energiecentrales;
- ontbossing afremmen en herbebossing stimuleren;
- methaanuitstoot verminderen (in kolen- en gasindustrie, mest, rioolslib, afval en rijstbouw).

De overdracht van technologie wordt daarnaast gestimuleerd door een flexibele omgang met intellectuele eigendom. De R&D-kosten worden gedragen door consumenten in rijke landen. Weliswaar is de bescherming van intellectuele eigendom nodig om bedrijven in staat te stellen hun ontwikkelingskosten terug te verdienen, maar die verdiensten zullen niet uit arme landen komen. De keus daarbij is niet die tussen betalen of niet betalen voor licenties, maar tussen gebruiken of niet gebruiken, waarbij gebruiken zowel het belang van de rijke als dat van arme landen dient. Ook de belangen van de betrokken bedrijven zijn daarmee gediend via het reputatiemechanisme. Bedrijven kunnen zo laten zien dat ze hun maatschappelijke verantwoordelijkheid dragen, al of niet onder druk van niet-gouvernementele organisaties (NGO's). In veel gevallen verliezen bedrijven weinig reëel winstpotentieel met een flexibele omgang met licenties, terwijl ze wel toekomstig marktpotentieel creëren. Uiteraard vraagt deze afweging om een zorgvuldige invulling van de voorwaarden waaronder en de wijze waarop intellectuele eigendom wordt gedeeld. De selectieve beschikbaarheid van middelen tegen het aids-virus hiv, waarbij de ontwikkelingskosten door rijke landen worden gedragen en de veel lagere productiekosten door arme landen, is hiervan

een voorbeeld. Ook de speciale pc voor 100 dollar, ontwikkeld voor Afrika, laat zien dat het bedrijfsleven in staat is technologie tegen lage kosten voor arme landen beschikbaar te stellen.

Het Kyoto-beleid van Nederland is er tot nu toe op gericht geweest ten minste de helft van de emissiereductie binnen Nederland te realiseren. In de praktijk is dat vooral gebeurd door reductie van OBG-emissies. De kosteneffectieve emissiereductiemogelijkheden binnen Nederland zijn evenwel in belangrijke mate reeds benut.

Aanbeveling 7
De raad bepleit dat Nederland zijn emissiereductie-inspanningen met voorrang richt op het CDM, met speciale aandacht voor technologiediffusie en technologieoverdracht.

Geen overeenstemming over het einddoel, wel over de richting

Elk van de mondiale spelers maakt eigen afwegingen over de urgentie van klimaatbeleid. De aansporing om klimaatbeleid te voeren vloeit voort uit de verwachte schade. Over schades, waar die zullen optreden en (enigszins) wanneer, is weinig bekend met een bevredigende mate van betrouwbaarheid. Klimaatverandering biedt echter ook voordelen, die zelden in de beschouwing worden betrokken. Het gevolg is dat het vaststellen van de operationele doelstelling van klimaatbeleid lastig is. De UNFCCC spreekt van het stabiliseren van de GHG-concentraties op een veilig niveau, maar dat is voor velerlei uitleg vatbaar. De EU is met zijn 2 °C-doelstelling duidelijker en ambitieuzer dan de UNFCCC. Niettemin is de gewenste richting op mondiaal niveau wel duidelijk: het is voor alle partijen aantrekkelijk om risico's te verminderen.

Beter dan een conflict aan te gaan over wat de juiste doelstelling moet zijn, kunnen partijen overeenstemming bereiken over wat hen bindt: de richting van het klimaatbeleid, onder de erkenning dat op dit ogenblik over het uiteindelijke doel verschillend kan worden gedacht. Wanneer meer kennis beschikbaar komt over te verwachten schade en over de lokalisatie daarvan in tijd en ruimte, zal meer duidelijkheid ontstaan over de na te streven doelstelling en het belang dat elk van de partijen daarbij heeft.

Voorts bestaat overeenstemming over een globale verdeling van verantwoordelijkheden en taken. Arme landen verwachten dat de OESO-landen een bovenmatige inspanning verrichten, al is het alleen al omwille van de voorraad GHG's die zij in het verleden aan de natuurlijke voorraad in de atmosfeer hebben toegevoegd. Verder kunnen rijke landen met relatief beperkte extra middelen veel bereiken in vergelijking met arme landen, mits zij die middelen gebruiken voor technologieontwikkeling en voor technologiediffusie naar arme landen. In de UNFCCC is dan ook een *common but differentiated responsibility* van rijk en arm vastgelegd.

Zolang de emissies per hoofd van de bevolking in rijke landen een veelvoud zijn van die in armere landen, is het illusoir te verwachten dat opkomende economieën zelf de kosten van de technologiediffusie zullen dragen, indien daar geen lokale baten in de vorm van een beter lokaal milieu of een grotere energiezuinigheid tegenover staan. De meerkosten van de technologiediffusie ten behoeve van het klimaatbeleid moeten daarom in de Europese afweging van klimaatdoelen en daarvoor te maken kosten, of beter nog in die van alle ontwikkelde landen, worden meegenomen.

De effectiviteitstegenstelling

Het Kyoto-protocol beoogde ervaring op te doen voor een wereldwijde emissiereductiestrategie. Voor de beoordeling moet onderscheid worden gemaakt tussen het Kyoto-protocol op zichzelf en de benadering die eraan ten grondslag ligt.

Het Kyoto-protocol op zichzelf is niet effectief vanwege de effectiviteitstegenstelling: datgene wat haalbaar is, is niet effectief; datgene wat effectief is, is niet haalbaar. Het Kyoto-protocol dankt zijn brede acceptatie aan de beperktheid van zijn inzet en bovenal de selectiviteit ervan (naar landen met een emissiereductieverplichting). De les van Kyoto is dat moet worden gekozen tussen een brede deelname met lichte doelstellingen of een smalle deelname met zware doelstellingen. Effectief klimaatbeleid vereist een combinatie van beide, want het is afhankelijk van het product van deelname en doelstelling. De beleidsinnovatie die Kyoto heeft bevorderd (waaronder emissiehandel) en de standvastigheid van de EU tegenover zowel de harde kritiek van de VS als de afzijdige houding van arme landen, hebben deze effectiviteitstegenstelling niet kunnen verhelpen.

Maar de Kyoto-benadering levert wel een nuttige vingeroefening voor een emissiehandelssysteem, dat althans voor CO_2 nog nergens bestond, aangevuld met diverse mechanismen. Die Kyoto-benadering als methode verdient steun. Wenst men emissiereductie, dan is emissiehandel kosteneffectief en stimuleert hij het bedrijfsleven tot innovatieve benaderingen die eerst niet eens werden gezien. Nederland en de EU dienen deze benadering voort te zetten. Alleen, het is zaak de coalities die dit dragen uit te breiden en tegelijk te erkennen dat allerlei andere benaderingen van klimaatbeleid evenzeer kunnen bijdragen in wereldverband. In het vorige hoofdstuk is dat ‘veelkleurige flexibiliteit’ genoemd.

Aanbeveling 8

De raad meent dat de EU, met een actief Nederland daarbinnen, uit eigenbelang de multilaterale coördinatie moet bevorderen, maar wel grotendeels op andere wijzen dan tot voor kort werd voorgestaan. De EU moet zich bezinnen op de effectiviteitstegenstelling: wat wereldwijd haalbaar is, is niet effectief en wat effectief is, is momenteel niet haalbaar. Voor de komende decennia vormt de richting van de wereldklimaatstrategie een cruciaal bindend element in de UNFCCC. Daarbinnen past een veelkleurige flexibiliteit van initiatieven.

Nu de Kyoto-benadering werkt, is het wenselijk en wellicht mogelijk de coalitie van Kyoto-landen uit te breiden na 2012, echter met inachtneming van de effectiviteitstegenstelling, teneinde illusiepolitiek te vermijden.

Belangen van grote spelers als uitgangspunt

De raad is van mening dat wereldwijde coördinatie alleen kans van slagen heeft indien de grote spelers coalities vormen, met uitdrukkelijke inachtneming van hun belangen op langere termijn. Uit het Kyoto-proces is gebleken dat grote coalities die voldoende effect teweeg kunnen brengen in termen van emissiereductie, tot nu toe niet tot stand kunnen komen. Dat komt omdat veel spelers de kosten van het aangaan van een geloofwaardige samenwerking te hoog achten en omdat de transactiekosten in grote coalities veel sneller oplopen met het aantal deelnemers dan de voordelen van het vergroten van de coalitie. Dit pleit voor een voortrekkersrol van een beperkt aantal spelers met grote belangen.

Effectieve coördinatie kan alleen tot stand komen indien daarmee de belangen van alle spelers aan de onderhandelingstafel worden gediend. Het is vooral de verwachte schade die landen ertoe beweegt samen te werken, altruïstische beweegredenen uitgezonderd. Omdat schades zeer sterk uiteen kunnen lopen en tevens (selectief) voordelen van klimaatverandering genoten kunnen worden, terwijl de tijdspanne van onderhandeling en strategie zeer lang is, ligt het voor de hand dat juist de landen die de meeste schade verwachten in een kwetsbare positie worden gemanoeuvreerd, al is het alleen maar omdat de andere (kunnen) wachten. Kort gesteld: niet de vervuiler maar de schadelijder kan zich gedwongen zien te betalen of liftersgedrag in elk geval deels af te kopen.

In hoofdstuk 5 is ingegaan op de structurele factoren die de belangen van partijen sturen, naast de politieke opvattingen die in de tijd wellicht enigszins variabel zijn. Om een coalitie te vormen bij deze uiteenlopende belangen moeten partijen zoeken naar wat hen bindt. Dat is allereerst de richting van het beleid: emissiereductie. Voorts zijn dat de middelen en sommige voorwaarden: technologische middelen op een kosteneffectieve wijze, liefst via het marktmechanisme en met zo min mogelijk schade aan de economische groei.

Cruciaal voor het klimaatbeleid zijn ten slotte de belangen van energiezekerheid voor landen met uiteenlopende energiestructuren en economische groei. Wat Europa betreft, bestaat er, ondanks de toenemende liberalisering, nog geen echt vrije markt voor energie, omdat de energiebelangen strategisch te belangrijk blijken te worden geacht om de energieprijsvorming geheel over te laten aan de vrije markt met zijn korte tijdshorizon. De toenemende zorgen over de energiezekerheid komen tot uiting in de sterk gestegen energieprijs, onder meer door de gestegen vraag uit China. De tijdshorizon van problemen rond de energiezekerheid is kort, waardoor deze problemen een hoge prioriteit krijgen. Zowel klimaatbeleid als energiezekerheid raakt direct aan belangen van energiepolitiek. Klimaatbeleid dat onvoldoende rekening houdt met de urgentie van energiezekerheid is

gedoemd te mislukken. Anderzijds is de urgentie van energiezekerheid een belangrijke prikkel voor energiebesparing, die niet alleen gunstig is voor het klimaat, maar ook economische voordelen biedt: het is bijvoorbeeld niet toevallig dat Europese en Japanse autofabrikanten een voorsprong hebben bereikt op Amerikaanse in het ontwikkelen van energiezuinige auto's.

Op het aspect van de energie-efficiëntie lopen de belangen van klimaat en energiezekerheid parallel, wat energie-efficiëntie tot een potentieel kansrijke speerpunt van beleid maakt. Sterker nog, het is heel wel mogelijk en soms zelfs doorslaggevend dat de prioriteit wordt omgedraaid. In landen waar de energiezekerheid afhangt van de invoer van olie en gas (bij kolen is er nauwelijks van schaarste sprake en zijn er veel aanbieders), kan effectief beleid ter vermindering van kwetsbaarheid gemakkelijker vormen aannemen die tegelijk emissiereductiebaten voor het klimaat opbrengen. In landen waar de energiezekerheid op lokale kolenvoorraden steunt, is dat lastiger, omdat vergassing, CO_2-afvang en -opslag op zich niet meer toevoerzekerheid bieden.

Hoewel de problemen rond de energiezekerheid urgenter zijn dan die rond het klimaat, is de belangstelling in het beleid voor de energiezekerheid van betrekkelijk recente datum en is aangewakkerd door onregelmatigheden in de gasleveranties vanuit Rusland.

Aanbeveling 9
De Nederlandse klimaatstrategie moet met voorrang gebruikmaken van de synergie van de belangen van energiezekerheid en van klimaatbeleid, omdat klimaatbeleid zonder die verbinding onvoldoende gedragen zal worden en internationaal op tegenwerking zal stuiten.

Een eenzijdige nadruk op absolute reductiedoelen stelt te hoge eisen aan de coördinatie, want landen moeten dan consensus bereiken over zowel het totale budget aan emissierechten als de verdeling ervan. Het laatste is een verdelingsprobleem met trekken van een *zero sum game*, waarover onderhandelingen doorgaans buitengewoon stroef verlopen, te meer omdat men allerlei rechtvaardigingen voor sterk uiteenlopende verdelingen kan geven.

De volgende kernpunten zijn naar de mening van de raad van belang: (1) haalbare resultaten, (2) veelkleurige flexibiliteit, (3) de UNFCCC als kader, (4) stimulerend leiderschap en (5) de vorming van coalities.

(1) Haalbare resultaten leveren een bijdrage
Het is onvruchtbaar om de zogenoemde post-Kyoto-architectuur van de multilaterale coördinatie nu al voor een lange periode te willen vastleggen. Kyoto heeft laten zien dat tijdpaden met beleidsconsequenties door een straffe vorm van binding tot *verwijdering* tussen UNFCCC-partijen leiden. Tijdpaden zijn in multilaterale coördinatie nooit meer dan indicatief; dat losse, intentionele karakter is sterker naarmate de periode langer is. Deze te willen omzetten in gefor-

ceerde overeenkomsten heeft vooral nadelige gevolgen bij onderhandelingen of ratificatie. Voorbeelden daarvan zijn: lang voortslepende conflictueuze onderhandelingen met risico van mislukking, allerlei uitzonderingen, risico van formeel succes zonder voldoende ratificatie, en straffe voorwaardelijkheid van arme landen in termen van transfers en verdeling die de haalbaarheid in OESO-landen weer op het spel zet.

Multistage-benaderingen, waarbij landen op basis van objectieve indicatoren voor de mate van ontwikkeling geleidelijk meer verplichtingen op zich nemen, stroken naar de mening van de raad met het uitgangspunt van *common but differentiated responsibilities*. Maar het probleem is dat *multistage*-benaderingen trajecten vereisen van toenemende internationale verantwoordelijkheid en toenemende verplichtingen op basis van objectieve criteria voor *graduation* (de overgang naar een hoger niveau van verplichtingen). De GATT leert dat het weliswaar wenselijk is een onderscheid naar minder ontwikkeld en *graduated* te maken, maar dat de overgang nooit door ook maar één handelspartner formeel of vrijwillig is gemaakt. Het werkte alleen bij het Algemeen Preferentieel Systeem, waarbij de preferentiegevers (rijke landen) unilateraal bepaalde inmiddels ontwikkelde landen (zoals Singapore en Zuid-Korea) op den duur hebben uitgesloten. *Multistage* vereist dus een bindend *commitment* van ontwikkelingslanden om op objectieve criteria te varen en dat internationaal te laten beslissen. Dit ontbreekt nu en het is optimistisch om dergelijke *commitments* te verwachten. Het kan in de praktijk effectiever zijn om in latere onderhandelingen de coalities te veranderen en tot andere afspraken te komen met een uitgebreidere groep inmiddels hoogontwikkelde landen. Het *commitment* ontstaat dan achteraf, waarbij vermoedelijk zal blijken dat een *multistage*-traject in de praktijk is gerealiseerd.

(2) Veelkleurige flexibiliteit

De EU en Nederland moeten openstaan voor initiatieven naast Kyoto, zonder overigens zelf de Kyoto-benadering op te geven. Niet-deelname aan Kyoto staat geenszins gelijk met de afwezigheid van klimaatbeleid. De potentie van dat vrijwillige klimaatbeleid, bijvoorbeeld in de VS en Australië, moet worden benut. Dit geldt trouwens net zo goed voor landen als China, India of Brazilië. Het gemeenschappelijke doel is belangrijker dan de verdeeldheid over Kyoto. Vandaar dat de raad een 'veelkleurige flexibiliteit' voorstaat die alle UNFCCC-partijen ruimte laat om aan een of andere, meer of minder ambitieuze vorm van klimaatbeleid te doen. Te denken valt aan *no regret*-beleid (zoals energie-efficiëntieverbetering, dat ook zonder klimaatprobleem zinvol is – met enorme potentie in ontwikkelingslanden); *no lose*-beleid (wel een prikkel tot emissiereductie, geen sanctie); technologieontwikkeling en -diffusie; intensiteitsdoelen; zelfverplichting van eigen klimaatbeleid (zogeheten PAM's) met het afleggen van rekenschap; en de hogere ambitie van emissiehandelssystemen of een koolstofprijs. Net als in de handelspolitiek is het mogelijk en aantrekkelijk op onderdelen emissiereductie bilateraal en regionaal te stimuleren, bijvoorbeeld als onderdeel van al bestaande speciale betrekkingen of van ontwikkelingsbeleid.

Het begrip 'veelkleurige flexibiliteit' houdt ook in dat men niet alleen vertrouwt op verticale maatregelen die overheden, al of niet in internationaal verband, opleggen. Het bedrijfsleven moet veel meer bij het klimaatbeleid worden betrokken en niet alleen reactief, via koolstofmarkten en belastingen of regels. Vooral energie-intensieve industrieën en de auto-industrie kunnen veel bijdragen. Sectorale overeenkomsten kunnen bij bedrijven de zorg om de aantasting van de concurrentiepositie wegnemen, mits geen liftersgedrag optreedt. Immers, bij voldoende reikwijdte van de overeengekomen standaarden voor bijvoorbeeld energiezuinigheid weten alle producenten dat ook andere bedrijven aan de standaarden gebonden zijn en geeft juist het voldoen aan die standaarden toegang tot internationale markten. Daarom moeten dergelijke overeenkomsten krachtig worden gestimuleerd door een coalitie van marktleiders, gesteund door een dominante beleidscoalitie binnen het kader van de UNFCCC. De verzekeringswereld kan bijdragen aan de zichtbaarheid van klimaatrisico's door verzekeringsproducten te ontwikkelen. Bij *no regret*-beleid zoals energie-efficiëntieverbetering zou het bedrijfsleven eveneens op tal van manieren kunnen worden gestimuleerd, omdat daar vaak nu nog verborgen baten voor de ondernemingen tegenover staan.

Een verbeterde vorm van Kyoto II voor een beperkte groep geïnteresseerde landen is in het belang van de EU. Immers, de Unie wenst emissie te reduceren langs een consistent, voorspelbaar pad, onder meer om diepte-investeringen te stimuleren in emissie-efficiënte krachtcentrales, groenere auto's, verbetering van de efficiëntie, verlaging van de kosten van hernieuwbare energie, enzovoort. Kwantitatieve doelen en een koolstofmarkt die minstens de huidige Annex I-landen omvat (de landen die Kyoto daadwerkelijk uitvoeren), zijn daarbij een voorwaarde. Nederland dient er binnen en buiten EU-verband al het mogelijke aan te doen op termijn meer landen te verleiden zich bij de koolstofmarkt aan te sluiten. Wel is bij zo'n partieel initiatief een niet te hoge CO_2-prijs essentieel. De huidige CO_2-prijzen in de EU liggen gedurig boven 20 euro, soms boven 25 euro, waarschijnlijk als gevolg van substitutie naar kolen in het licht van de hoge gasprijzen. Zij worden buiten Europa als hoog ervaren. Het in theorie goede CDM-systeem heeft in de praktijk tot nu toe slecht of niet gewerkt vanwege veel te hoge transactiekosten. Nederland moet bevorderen dat de EU een krachtig beleid voert om het CDM vlot te trekken door betere technische richtsnoeren, meer grootschaligheid en minder bureaucratie. Daarbij moet worden voortgebouwd op de zogenoemde Marrakesh-besluiten en de COP-11 van Montreal in december 2005. Alleen dan kan het CDM zijn wezenlijke functie voor technologiediffusie vervullen.

(3) *De UNFCCC vormt een geschikt kader*

De UNFCCC blijkt een verrassend geschikt kader te bieden om de multilaterale coördinatie uit te bouwen. Het uitgewogen samenstel van geschikte beginselen en algemeen geformuleerde verplichtingen kan dienen als fundament voor een coördinatiestrategie op de lange termijn. De UNFCCC is niet zozeer een te licht verdrag, maar veeleer een fundering die onderhandelingspartijen kansen biedt

die over een periode van decennia op wisselende wijzen kunnen worden benut. Partijen waarderen de (voor verreweg de meeste deelnemers vrijblijvende) deelname aan de COP van de UNFCCC-landen en ze voldoen aan specifieke onderdelen van UNFCCC-programma's en aan de (beperkte) verplichtingen, hoewel belangen en percepties (nog) enorm uiteenlopen (zie tabel 5.3). Gaat het echter om de effectiviteit van een mondiale emissiereductiestrategie (en, in veel beperktere mate, om steun bij aanpassing van kwetsbare landen), dan dringt zich de vraag op of een bescheiden organisatiegraad en een zekere mate van probleemeigenaarschap niet kunnen helpen om tot beslissingen en goede uitvoering te komen.

De massale COP-vergaderingen kunnen effectiever worden door de oprichting van een World Climate Organisation (WCO): een vaste organisatie met daaromheen vaste diplomatieke missies. Deze organisatie kan zich op de UNFCCC baseren, maar kan tegelijk een preciezere opdracht krijgen. Ten eerste kan deze organisatie de talloze rapportageactiviteiten, de technische deliberatie en de implementatie-onderhandelingen op zich nemen. Ten tweede is van belang dat de hoogste organen zo worden ingericht dat die sturend zijn, met oog voor het draagvlak bij de deelnemende partijen. Dat vraagt om een zorgvuldige afbakening en geleidelijke uitbouw van bevoegdheden. Een soort dagelijks bestuur – Special Climate Council (SCC) genoemd in hoofdstuk 5 – moet een aantal vaste leden hebben (de grootste vijf tot acht GHG-producenten) en een aantal roulerende landenleden, onder een roulerend voorzitterschap. Deze constructie institutionaliseert het leiderschap en bevordert de gunstige effecten van probleemeigenaarschap.

Naast de verticale benadering van een internationaal onderhandelingsforum is het van belang ook meer dan tot nu toe gebruik te maken van transnationale horizontale arrangementen, waarin bedrijfsleven, kennisinstellingen en NGO's samenwerken aan nieuwe oplossingen voor het coördinatievraagstuk. Het is gebleken dat de flexibiliteit en alertheid die mogelijk zijn dankzij het netwerkkarakter van deze horizontale route een onmisbaar onderdeel vormen van de agendazetting en kennisvorming. De formele, intergouvernementele benadering bij de vorming van een klimaatstrategie dient open te staan voor initiatieven van een transnationaal, horizontaal karakter en dient in geen geval formele of feitelijke obstakels hiervoor op te werpen.

(4) Leiderschap moet stimuleren, maar mag geen 'lijderschap' worden

Het leiderschap kan in de initiële fasen een katalyserende rol spelen. Theorie en historie laten dat zien. Het leiderschap vergemakkelijkt de collectieve actie om het publieke goed van wenselijk klimaatbeheer tot stand te brengen. De raad meent dat, zeker in het huidige stadium, een diplomatiek leiderschap dringend is vereist om multilaterale coördinatie te activeren boven het huidige minimale niveau. Leiderschap kan zinvol zijn om andere landen te helpen binnenlands draagvlak te scheppen of om coalities in internationaal verband te smeden van landen die wel willen maar relatief weinig kunnen. De EU laat zich terecht op het leiderschap in de multilaterale coördinatie voorstaan.

Leiderschap vereist de bereidheid tot investeren, stimuleren en betalen. Immers, de leider geeft de urgentie aan, moet geloofwaardig zijn en zelf als voorbeeld dienen. Dit kan in sommige gevallen een disproportionele bijdrage aan nieuwe initiatieven impliceren. Leiderschap dient echter functioneel te blijven: het moet als katalysator fungeren, niet als een eenzijdige subsidiekraan, en mag geen ondermijnende factor worden voor het concurrentievermogen. Leiderschap is ongeschikt, en kan zelfs op nadelige wijze worden uitgebuit, ingeval de belangen te ver uiteenlopen en/of de partners eigenlijk helemaal niet willen. Leiderschap is functioneel wanneer en voor zover het leidt tot grotere deelname in de multilaterale coördinatie of tot intensivering van de effectieve emissiereductie van allen.

Naarmate duidelijker wordt in hoeverre klimaatverandering problematisch is en naarmate energiezekerheid met klimaatbaten hogere prioriteit krijgt, mag men verwachten dat – indien nodig – de VS, maar waarschijnlijk ook China en India, een minder passieve opstelling in de multilaterale coördinatie zullen verkiezen. Deze activering kan de basis gaan vormen voor bijvoorbeeld een Special Climate Council (SCC) in een toekomstige WCO. Evenwel, daarmee verdwijnt het zelfuitgeroepen prerogatief van leiderschap door de EU.

(5) Leiderschap door coalities

Leiderschap kan ook worden uitgeoefend door een coalitie van grote spelers. Een coalitie van spelers met grote belangen (zoals omvangrijke potentiële schade, of een groot emissiereductiepotentieel) is in de positie onderling tot welvaartsvermeerderende uitruil van die belangen te komen bij een beperkte omvang van de transactiekosten. De kosten van het leiderschap zijn voor zo'n coalitie gemakkelijker te dragen, omdat de coalitie als geheel dichter bij de optimale afweging tussen kosten en baten kan komen dan een afzonderlijke speler. Tevens vormt zo'n coalitie in de ruimere politieke arena een machtsblok waar de andere spelers niet gemakkelijk omheen kunnen. De raad ziet een coalitie van de vijf tot acht grootste GHG-producenten als een effectieve manier om het gewenste emissiereductietraject tot 2050 af te leggen. De institutionalisering van een SCC binnen een WCO is daartoe een geschikte vorm, maar zeker niet de enige optie.

Het leiderschap van een coalitie ontstaat niet vanzelf. Daarvoor zijn diplomatieke initiatieven nodig en moet het goede voorbeeld worden gegeven door (groepen) landen die de urgentie van het probleem onderstrepen en bespreekbaar maken bij anderen. Deze vorm van initiërend leiderschap gaat vooraf aan de coalitievorming.

Verschillende coalities kunnen overigens naast elkaar bestaan, afhankelijk van de gemeenschappelijke belangen die in zo'n coalitie worden nagestreefd. De praktijk laat zien dat een coalitie die is gericht op technologieontwikkeling niet uit dezelfde leden hoeft te bestaan als een coalitie die zich richt op het internaliseren van externe effecten in (een deel van) de markt. Ook hoeft coalitievorming zich niet te beperken tot overheden. Juist op het meer horizontale, niet-gouverne-

mentele vlak blijkt dat samenwerkende organisaties en (multinationale) bedrijven belangrijke en richtinggevende initiatieven kunnen ontwikkelen.

6.5 WAAR EEN KLEIN LAND GROOT IN KAN ZIJN

Een klein land kan geen macht uitoefenen in internationale coalities. Sowieso zal de relatieve macht van de EU op de termijn die voor het klimaatprobleem relevant is, eerder kleiner dan groter worden. De macht van een klein land ligt in het sleuren, zeuren en opbeuren met frisse initiatieven. Een actieve internationale diplomatie die een schakel vormt tussen de ver uiteenliggende grote partijen, kan bijdragen aan de vereiste veelkleurige flexibiliteit van internationale verplichtingen en initiatieven. Op de korte termijn van de eerstkomende decennia zullen vooral bestaande technologieën moeten worden toegepast in zich ontwikkelende landen. Technologieovereenkomsten en investeringen van multinationale bedrijven zullen voor die toepassing moeten zorgen. De Nederlandse overheid kan dat actief stimuleren via diplomatieke missies en handelsmissies, maar ook via de ontwikkelingsagenda.

Nederland heeft de bijzondere positie dat het relatief veel en grote multinationale ondernemingen en een groot aantal NGO's huisvest. Grote ondernemingen worden in toenemende mate aangesproken op hun maatschappelijke verantwoordelijkheid. Belanghebbenden zijn niet alleen de aandeelhouders, maar ook de (internationale) maatschappelijke omgeving waarin de onderneming opereert. Voor waardecreatie op lange termijn is niet alleen de *profit* (op korte termijn) belangrijk, maar evenzeer *people* en *planet*. Het aantal geïdentificeerde belanghebbenden neemt gedurig toe (Maessen et al. 2005): werknemers, aandeelhouders, klanten, handelsorganisaties, maatschappelijke groepen, toekomstige generaties, autoriteiten en toezichthouders, enzovoort. NGO's zijn een natuurlijke gesprekspartner voor het vormgeven en verder preciseren van de maatschappelijke verantwoordelijkheid, omdat in een ontmoeting van onderneming en NGO de technische en maatschappelijke kennis elkaar onderling kunnen versterken. Juist in de internationale arena, waar het ontbreekt aan een centraal overheidsgezag, kunnen internationaal opererende bedrijven het verschil maken – dat is gebleken bij de bestrijding van kinderarbeid en het kan net zo goed bij klimaatbeleid.

Het bedrijfsleven kan uitvoerig worden betrokken in de eerdergenoemde veelkleurige flexibiliteit, zowel via eigen marktgerichte initiatieven, internationale varianten van convenanten en investeringen in onderzoek, als via het ontwikkelen van technische standaarden voor producten en voor het productieproces. Zo zijn de door de EU gesubsidieerde technologieplatforms beter dan de overheid zelf in staat waardevolle onderzoeksprioriteiten te selecteren en partijen zich daaraan te laten committeren.

Binnen Nederland bestaat het concept van een Technologisch TopInstituut (TTI), dat onder andere op EU-niveau respect heeft afgedwongen. Dit is een virtueel

instituut voor een publiek-private samenwerking, waarbij zowel bedrijven als overheid en kennisinstellingen niet alleen een bestuurlijk maar ook een financieel *commitment* zijn aangegaan, volgens een verdeelsleutel van respectievelijk 25, 50 en 25 procent. Het initiatief voor het onderzoeksprogramma ligt bij het bedrijfsleven; de overheid toetst marginaal, al is internationale topkwaliteit geboden.

Een TTI biedt de mogelijkheid op een coherent fundamenteel onderzoeksterrein hoogwaardige kennis te mobiliseren. Zoals hiervoor in aanbevelingen 6 en 7 is gesteld, beoogt de raad een accentverschuiving van emissiereductie binnen Nederland naar emissiereductie elders, tegelijk met ambitieuze kennisontwikkeling voor de lange termijn. Een TTI is een goed en beproefd middel om te garanderen dat de accentverschuiving in de richting van fundamentele kennisontwikkeling ten behoeve van een emissievrije energievoorziening niet blijft steken in goede voornemens. Daarnaast kan een TTI ook een economische impuls opleveren voor de kenniseconomie. Er is op dit ogenblik ervaring met vier TTI's, namelijk het Netherlands Institute for Metals Research, het Wageningen Centre for Food Sciences, het Telematica Instituut en het Dutch Polymer Institute en deze ervaringen zijn positief.

Aanbeveling 10

De raad adviseert een accentverschuiving van emissiereductie binnen Nederland naar ambitieuze kennisontwikkeling voor de lange termijn. Nederland moet door oprichting van een Technologisch TopInstituut voor een emissievrije energievoorziening fundamenteel onderzoek op het hoogste internationale niveau stimuleren. Daarnaast kan meer en systematischer gebruik worden gemaakt van samenwerking met multinationale ondernemingen en NGO's voor de ontwikkeling van marktoplossingen en originele initiatieven voor klimaatbeleid.

LITERATUUR

Aldy, J. et al. (2003) *Beyond Kyoto, advancing the international effort against climate change*, Washington D.C.: Pew Center.

Alley, R.B. (2004) Abrupt climate change, *Scientific American* 291, 5: 40-47.

Barrett, S. (2001) Towards a better climate treaty, *AEI-Brookings Joint Center Policy Matters 01-29*, www.aei-brookings.org/policy/page.php?id=21.

Barrett, S. (2003) *Environment and Statecraft. The Strategy of Environmental Treaty-Making*, Oxford: Oxford University Press.

Baumert, K. en J. Pershing (2004) *Climate Data: Insights and Observations*, www.pewclimate.org/docUploads/Climate%20Data%20new.pdf.

Bergh, J.C.J.M. van den (2004) Optimal climate policy is a utopia: from quantitative to qualitative cost-benefit analysis, *Ecological Economics* 48: 385-393.

Bollen, J., A. Manders en P. Veenendaal (2004) *Wat kost een emissiereductie van 30%?*, Den Haag: CPB.

Bollen, J., T. Manders en M. Mulder (2004a) *Four futures for energy markets and climate change*, Den Haag: CPB.

Bollen, J.C., A.J.G. Manders en P.J.J. Veenendaal (2004b) *Wat kost een emissiereductie van 30%? Macro-economische effecten in 2020 van post-Kyoto klimaatbeleid*, Den Haag: CPB.

Buuren, P.J.J. van en A.M. Laninga-Busch (2005) Ruimte reserveren voor zones langs hoofdinfrastructuur en waterberging, *Bouwrecht* 4: 281-288.

Carbon Disclosure Project (2004), www.cdproject.net/.

CEPS (Centre for European Policy Studies) (2005) *Towards a global climate change regime – priority areas for a coherent EU strategy*, Brussels: CEPS.

CIAB/IEA (Coal Industry Advisory Board) (2005) Reducing Greenhouse Gas Emissions, *The Future of Coal*, Paris.

CIEP (Clingendael International Energy Programme) (2004) *Study on energy supply security and geopolitics*, 's-Gravenhage: Clingendael.

Commissie Rivierdijken (1977) *Rapport Commissie Rivierdijken.*

Commissie Watersnood Maas (Commissie Boertien II) (1994) *De Maas terug!*

Daniëls, B.W. en J.C.M. Farla (2006) *Potentieelverkenning klimaatdoelstellingen en energiebesparing tot 2020. Analyses met het Optiedocument energie en emissies 2010/2020*, Petten/Bilthoven: ECN en MNP.

Dickens, G.R. (2004) Methane Hydrate and Abrupt Climate Change, *Geotimes*, November.

Dooley, J.J. (2004) *Carbon Capture and Sequestration as a Means for Managing Carbon Dioxide Emissions*, www.iea.org/Textbase/work/2004/ zets/conference/presentations/dooley.pdf.

Dooley, J.J., C.L. Davidson, M.A. Wise en R.T. Dahowski (2004) *Accelerated Adoption of Carbon Dioxide Capture and Storage within the United States Electric Utility: the impact of stabilizing at 450 ppmv and 550 ppmv*, uregina.ca/ghgt7/PDF/papers/peer/286.pdf.

Easterling W.E., B.H. Hurd en J.B. Smith (2004) *Coping with global climate change. The role of adaptation in the United States*, Pew Center on Global Climate Change.

Egenhofer, C., L. van Schaik en D. Cornland (2005) *Improving the Clean Development Mechanism, Report for presentation at a* UNFCCC *side event in Montreal*, CEPS, CLIPORE.

EIA (Energy Information Administration) (2004) *International Energy Outlook 2004, Highlights*, Washington.

Elzen, M. den en M. Meinshausen (2005) *Meeting the* EU *2 degrees climate target: global and regional emission implications*, Bilthoven: RIVM.

European Union (2003a) *WETO: World Energy, Technology and Climate Policy Outlook 2030*, europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/weto_final_report.pdf.

European Union (2003b) *European energy and transport trends to 2030*, Directorate-General for Energy and Transport.

European Commission (2000) *Communication from the Commission on the precautionary principle*, 2 februari 2001.

European Commission (2005) *Winning the battle against global climate change*, COM (2005) 35 van 9 februari 2005.

Faaij, A. (2005), *Modern biomass conversion technologies*, www.accstrategy.org/simiti/Faaij.pdf.

Fulton, L. (2005) *Biofuels for Transport: a viable alternative*? OECD Observer, May, www.oecdobserver.org/news/fullstory.php/ aid/1647/Biofuels_for_transport.html.

Gielen, D. en J. Podanski (2004) *The Future Role of CO2 Capture in the Electricity Sector*, Vancouver, www.iea.org/Textbase/speech/allspeeches.asp.

Goldemberg, J. (ed.) (2000) *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*, New York: UNDP.

Gollier, C. en N. Treich (2003) Decision-making under scientific uncertainty: the economics of the precautionary principle, *The Journal of Risk and Uncertainty* 21, 1: 77-103.

Groothuijse, F.A.G. en H.F.M.W. van Rijswick (2005) Water en ruimtelijke ordening: meer dan de watertoets! *(I)*, *Bouwrecht* 42, 3: 193-210.

Hassol, S.J. (2004) *Impacts of a warming Arctic. Arctic climate assessment*, Cambridge: Cambridge University Press.

Hawkins, D. (2001) *Climate Change Technology and Policy Options*, www.nrdc.org/globalWarming/tdh0701.asp.

Hawkins, D.G. en R. H. Williams (2005) *Preventing Carbon Lock-in*, NRDC, www.princeton.edu/~cmi/research/Capture/capturerpt.shtml.

Heller, T.C. en P.R. Shukla (2003) 'Development and Climate: Engaging Developing Countries', blz. 111-140 in *Beyond Kyoto: advancing the international effort against climate change*, Arlington: Pew Center.

Henderson, D. en I. Castles (2002) *Letters to Dr. Patchauri*, www.economist.com/displaygeneric.cfm?pageheadgif=FinanceandEconomics&key=efhp1.

Hitz, S. en J. Smith (2004) 'Estimating global impacts from climate change', blz. 31-82 in *The benefits of climate change policies*, Paris: OECD.

Höhne, N., C. Galleguillos, K. Blok, J. Harnisch en D. Phylipsen (2003) *Evolution of commitments under the* UNFCCC*: Involving newly industrialized economies and developing countries*, Berlin: Umweltbundesamt.

Holtsmark B.J. en K.H. Alfsen (2004) *PPP-correction of the* IPCC *emission scenarios - does*

it matter?, www.ssb.no/publikasjoner/DP/pdf/dp366.pdf.
Holtsmark B.J. en K.H. Alfsen (2004) *The use of PPP or MER in the construction of emission scenarios is more than a question of 'metrics',* Oslo: CICERO.
Hooijer, A., F. Klijn, J. Kwadijk en B. Pedroli (red.) (2002) *Naar een duurzaam hoogwater risico beheer voor het Rijn en Maas stroomgebied. De belangrijkste conclusies van het Irma-Sponge onderzoeksprogramma*, NCR, www.ncr-web.org/downloads/NCR18nl-2002.pdf.
House of Lords (2005) *The economics of climate change*, London: HMSO.
Hufen, J.A.M. (1998) Draagvlak voor kwantitatief waterbeheer, *Bestuurskunde* 7, 6: 261-269.
IEA (International Energy Agency) (2001) *World Energy Outlook 2001*, Parijs: OECD/IEA.
IEA (2004a) *World Energy Outlook 2004,* Paris.
IEA (2004b) *The Prospects for CO2 Capture and Storage*, Summary Paris www.iea.org/Textbase/publications/free_all.asp.
IEA (2004c) *Biofuels for Transport - An International Perspective*, www.iea.org/textbase/publications/free_all.asp.
IEA en OECD (2003) *Beyond Kyoto - Ideas for the Future*, December.
Ierland, E.C. van et al. (2001) *Integrated assessment of vulnerability to climate change and adaptation options in the Netherlands*, Wageningen/Maastricht: Dutch National Research Programme on Global Air Polution and Climate Change.
International Investor Summit on Climate Risk (2003), www.realestatefoundation.com/community/safeguardingcanadaswealth.pdf.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001) *Climate change 2001,* Third Assessment Report (TAR), Genève, www.ipcc.ch.
Jones, C., P. Cox en C. Huntingford (2005) *Impact of Climate-Carbon Cycle Feedbacks on Emission Scenarios to Achieve Stabilisation,* www.stabilisation2005.com/41_Chris_Jones.pdf.
Kasting, J.F. (2004) When methane made climate, *Scientific American* 291, 1: 52-59.
Kerr, R.A. (2005) Confronting the bogeyman of the climate system, *Science* 310, 5747: 432-433.
Kets, W. en G. Verweij (2005) *Non-CO2 Greenhouse gases – all gases count*, Discussion Paper 44, Den Haag: CPB.
Kingma, D. en W. Suyker (2004) *Veel gestelde vragen over olie en de wereldeconomie*, Den Haag: CPB.
Klijn, F. et al. (2004) Flood-risk Management Strategies for an Uncertain Future: Living with Rhine River Floods in the Netherlands? *Ambio* 33, 3: 141-147.
KNMI (2001) *Weer en water in de 21e eeuw. Een samenvatting van het derde IPCC klimaatrapport voor het Nederlandse waterbeheer*, De Bilt: KNMI.
KNMI (2003) *De toestand van het klimaat in 2003*, De Bilt: KNMI.
Leemans, R. en B. Eickhout (2004) Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different level of climate change, *Global Environmental Change*, 14, 219-228.
Levin, K. en J. Pershing (2006) Climate science 2005. Major new discoveries, *WRI Issue Brief*, Washington: World Resources Institute.
Luukkanen, J. en J. Kaivo-oja (2002) *Economic development and environmental performance: comparison of energy use and co2 emissions in OECD and non-OECD*

regions, Finland Futures Research Centre, www.tukkk.fi/tutu/Julkaisut/pdf/tutu_5_2002.pdf.

Manne, A. en R.G. Richels (2003) *Market Exchange Rates or Purchasing Power Parity: Does the Choice Make a Difference to the Climate Debate?*, www.aei-brookings.org/admin/authorpdfs/page.php?id=290.

McFarland. J.R., H.J. Herzog en H.D. Jacoby (2004) *The Future of Coal Consumption in a Carbon Constrained World*, equestration.mit.edu/bibliography/economics.html.

McKibbin, W. en P. Wilcoxen (2002) The role of economics in climate change policy, *Journal of Economic Perspectives* 16, 2: 107-129.

McKibbin, W. (2005) *Sensible climate policy*, Sydney: Lowy Institute, www.lowyinstitute.org./Publication.asp?pid=212.

McKibbin, W.J., D. Pearce en A. Stegman (2004) *Long Run Projections for Climate Change Scenarios*, Sydney: Australian National University.

METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) (2004) *Sustainable future framework on climate change*, Tokyo: Ministry of Economy, Trade and Industry, www.meti.go.jp/english/information/data/cFramework2004e.pdf.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (2004) *Allocatieplan* CO_2*-emissierechten 2005-2007,* SenterNovem.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (2005a) *Report on Dutch Climate Change Policy to the European Commission under Decision 280/2004/EC*, mei.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (2005b) *Evaluatienota klimaatbeleid 2005. Onderweg naar Kyoto*, Den Haag.

Ministerie van Economische Zaken (2005) *Nu voor later. Energierapport 2005*, Den Haag.

MIT (Massachusetts Institute of Technology) (2003) *The future of nuclear power; an interdisciplinary MIT study*.

MNP (Milieu- en Natuurplanbureau) (2005) *Effecten van klimaatverandering in Nederland*, Bilthoven.

Oltshoorn, X. (2002) *Neo-Atlantis: Dutch Responses to Five Meter Sea Level Rise*, Amsterdam.

Pacala, S. en R. Socolow (2004a) Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies, *Science* 305, 5686: 968-972.

Pacala, S. en R. Socolow (2004b) *Supporting Online material,* www.sciencemag.org/cgi/content/full/305/5686/968/DC1.

Popper, S.W., R.J. Lempert en S.C. Bankes (2005) Shaping the future, *Scientific American* 292, 4: 48-53.

Reilly, J., N. Sarofim, S.Paltsev en R. G. Prinn (2004) *The Role of Non-CO2 Greenhouse Gases in Climate Policy*, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report no 114, web.mit.edu/globalchange/www/ MITJPSPGC_Rpt114.pdf.

Reiss, M.J. en R. Straughan (2001) *Improving nature? The science and ethics of genetic engineering*, Cambridge: Cambridge University Press.

Riahi, K., L. Barreto, L.S. Rao, E.S. Rubin (2004) Towards Fossil-Based Electricity Systems with Integrated CO2 Capture: Implications of an Illustrative Long-Term Technology Policy, in: E.S. Rubin, D.W. Keith en C.F. Gilboy (eds.) *Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Volume 1:*

Peer-Reviewed Papers and Plenary Presentations, Cheltenham: IEA.
RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) (2004) *Risico's in bedijkte termen. Een evaluatie van het beleid inzake de veiligheid tegen overstromen*, Bilthoven.
RIVM (2005) *Hoeveel warmer mag het worden?,* Bilthoven.
Rooijers, F.J., I. de Keizer, S. Slingerland, J. Faber, R.C.N. Wit (CE), J. Verbeek, R. van Dorland, A.P. van Ulden, R.W.A. Hutjes, P. Kabat en E.C. van Ierland (2004) *Klimaatverandering, Klimaatbeleid, Inzicht in keuzes voor de Tweede Kamer*, Delft: CE, KNMI, Universiteit Wageningen.
Rörsch, A., R.S. Courtney en D. Thoenes (2005) Global warming and the accumulation of carbon dioxide in the atmosphere. A critical consideration of the evidence, *Energy and environment* 16, 1: 101-125.
Rose, A. en B. Stevens (1998) A dynamic analysis of fairness in global warming policy. Kyoto, Buenos Aires, and Beyond, *Journal of Applied Economics* 1, 2: 329-362.
Rozell, N. (2001) Interior Alaska and Siberia Permafrost Thawing Together, *Alaska Science Forum*, www.gi.alaska.edu/ScienceForum/ASF15/1523.html.
Ruddiman, W.F. (2006) How did humans first alter global climate?, *Scientific American*, april: 34-41.
Scharpf, F.W. (1997) *Games Real Actors Play. Actor-Centered Institutionalism in Policy Research*, Boulder, CO/Oxford: Westview Press.
Schneider, S. en J. Lane (2004) 'Abrupt, non-linear climate change and climate policy', blz. 159-188 in *The benefit of climate change policies*, Paris: OECD.
Selten, F. en H. Dijkstra (2005) Extreem rekenen aan klimaatextremen, *Change*, 66: 17-19.
Senior, B., J. Adams, T. Espie en I. Wright (2004) Investigation of how Capture and Storage Could Evolve as a Large Scale CO2 Mitigation Option, in: E.S. Rubin, D.W. Keith en C.F. Gilboy (eds.) *Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Volume 1: Peer-Reviewed Papers and Plenary Presentations*, Cheltenham: IEA, uregina.ca/ghgt7/PDF/papers/peer/462.pdf.
Shearer, A.W. (2005) Wether the weather: comments on 'An abrupt climate change scenario and its implications for United States national security', *Futures* 37, 6: 445-463.
Stokes, G.M., C.J. Bernier, A.L. Brenkert en S.J. Smith (2004) *Current Carbon Emissions in Context: Final Report to the National Commission on Energy Policy*, Battelle Memorial Institute.
Stuurgroep Bovenrivieren – Stuurgroep Benedenrivieren (2005) *Regioadvies Nederlands rivierengebied: toekomstig veilig en aantrekkelijk.*
Tol, R. (2005) The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties, *Energy Policy* 33: 2064-2074.
Vollebergh, H.R.J., J.L. de Vries en P.R. Koutstaal (1997) Hybrid Carbon Incentive Mechanisms and Political Acceptability, *Environmental and Resource Economics*, 9: 43-63.
Vries, B.J.M. de (2004) *Duurzaamheid in een veranderende wereld*, Oratie Universiteit Utrecht.
VROM-raad (2002) *Minder blauw op straat? Advies over regionaal waterbeheer en ruimtelijke ordening in de 21e eeuw*, Den Haag.
VROM-raad en AER (2004) *Energietransitie: Klimaat voor nieuwe kansen*, Den Haag.

WB21 (Commissie Waterbeheer 21e eeuw) (2000a) *Waterbeleid voor de 21e eeuw*, Advies van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw.

WB21 (2000b) *Scenario's externe krachten voor wb21*, RIZA, KNMI, WL/Delft Hydraulics.

WGBU (German Advisory Council on Global Change) (2003) *Climate Protection Strategies for the 21st Century: Kyoto and beyond*, Berlin.

Wild, M., P. Calanca, S.C. Scherrer en A. Ohmura (2003) Effects of polar ice sheets on global sea level in high-resolution greenhouse scenarios, *Journal of Geophysical Research* 108, 4165.

Wit, M. de (2004) *Hoeveel (hoog)water kan ons land binnenkomen via de Maas, nu en in de toekomst?*, Arnhem: RIZA.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (1994) *Duurzame risico's. Een blijvend gegeven*, Rapporten aan de regering nr. 44, Den Haag: Sdu Uitgevers.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (1999) *Generatiebewust beleid*, Rapporten aan de regering nr. 55, Den Haag: Sdu Uitgevers.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2002) *Duurzame ontwikkeling. Bestuurlijke voorwaarden voor een mobiliserend beleid*, Rapporten aan de regering nr. 62, Den Haag: Sdu Uitgevers.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2003a) *Beslissen over biotechnologie*, Rapporten aan de regering nr. 64, Den Haag: Sdu Uitgevers.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2003b) *Naar nieuwe wegen in het milieubeleid*, Rapporten aan de regering nr. 67, Den Haag: Sdu Uitgevers.

WSTB (Water Science and Technology Board) (2004) *Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-Making*, Washington, DC: The National Academies Press.

WTO (World Trade Organization) (2003) *A survey of international environmental agreements and trade*, Genève.

WTO (2004) *Trade and Environment at the WTO*, Genève.

Yin, J., M.E. Schlesinger, N.G. Andronova, S. Malyshev en B. Li (2003) *Is a Shutdown of the Thermohaline Circulation Irreversible?* www.accstrategy.org/draftpapers/ACCSschlesinger.pdf.

VERKLARENDE WOORDENLIJST

2 °C-doelstelling	Operationalisering van *dangerous climate change* op de 1939ste vergadering over Milieu in Luxemburg (1996): "Given the serious risk of such an increase and particularly the very high rate of change, the Council believes that global average temperatures should not exceed 2 degrees above pre-industrial level and that therefore concentration levels lower than 550 ppm CO_2 should guide global limitation and reduction efforts."
50/50-beleid	Volgens het 50/50-beleid wordt (ten minste) de helft van de emissiereductie binnen Nederland gerealiseerd en kan het overige via onder meer het CDM-mechanisme elders worden ingekocht
Agroforestry	Gecombineerde landbouw en bosbouw
Anaeroob	Levensproces zonder zuurstof
Ancillary benefits	Lokale nevenbaten van klimaatmaatregelen, co-benefits
Annex I-landen	Landen op de lijst van ontwikkelde landen in het Kyoto-protocol
AOSIS	Alliance of Small Island States
BAU	Business As Usual, referentiescenario
BBP	Bruto binnenlands product
Bestemmingen	In de ruimtelijke ordening worden drie hoofdgroepen gehanteerd, namelijk rood (bebouwing), groen (natuur) en blauw (water)
BIGCC	Biomass Integrated Gasification Combined Cycle
CAFE	Corporate Average Fuel Economy
CCGT	Combined Cycle Gas Turbine
CCS	Carbon Capture and Storage, CO_2-afvang en -opslag
CDM	Clean Development Mechanism, GHG-reductie in landen zonder emissiereductiedoelstelling die CER's oplevert voor landen met emissiereductiedoelstelling
CER's	Certified Emission Reductions
Co-benefits	Zie ancillary benefits
COP	Conference of Parties, periodieke bijeenkomst van partijen in de UNFCCC
Debiet	Capaciteit van een rivier in kubieke meter per seconde
DME	Dimethyl-ether, zie FT-diesel
EJ	ExaJoule (10^{18})
Enhanced Oil Recovery	Oliewinning op andere wijze dan met behulp van de natuurlijke druk van een reservoir, bijvoorbeeld door injectie van CO_2
EPA	Environmental Protection Agency (VS)
FT-diesel	Dimethyl-ether, synthetische diesel op basis van Fischer-Tropsch-techniek
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
GEF	Global Environment Facility
Gg	Gigagram (= kiloton)
GHG	Greenhouse gas, broeikasgas

GSP	Generalized System of Preferences, eenzijdig vastgestelde lijst met meest bevoorrechte (onderontwikkelde) handelspartners
GtC	Gigaton koolstof; 1 GtC = 1 PgC. In dit rapport wordt waar mogelijk de eenheid GtC (Gigaton koolstof) gebruikt, waarmee (het equivalent van) een GtC in gasvorm (CO_2) wordt aangeduid.
GtC-eq.	Equivalent van 1 Gigaton koolstof in CO_2-vorm
$GtCO_2$	Gigaton kooldioxide
GW	GigaWatt
GJ	GigaJoule (10^9)
Graduation	Overgang naar een hoger niveau van verplichtingen in een *multistage*-benadering
HCFC	Hydrochlorofluorocarbon, verbindingen van fluor, chloor, koolstof en waterstof
Horizontale berging	Overstromingspreventie door het water de ruimte te bieden
HTR	Hogetemperatuurkernreactor
IEA	International Energy Agency
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JI	Joint Implementation, gezamenlijke GHG-reductie in landen met emissiereductiedoelstelling
Joule	J, basiseenheid van energie
kWh	1 KiloWatt gedurende 1 uur = 3,6 MJ
LNG	Liquid natural gas
Load factor	Gerealiseerd deel van het maximale vermogen
LUC	Land use change, veranderend grondgebruik, vaak ontbossing
LWR	Lichtwater-kernreactor
MOP	Meeting of Parties, periodieke bijeenkomst van partijen in het Kyoto-protocol
MW	MegaWatt
MtC	Megaton koolstof
$MtCO_2$	Megaton kooldioxide
Multistage	Benadering waarbij de verplichtingen van landen worden bepaald door objectieve indicatoren voor de mate van ontwikkeling (zoals BBP per hoofd), zodat geleidelijk met de ontwikkeling de stringentheid van de verplichtingen toeneemt (graduation)
No till-agriculture	Akkerbouw zonder ploegen, gericht op beperking van erosie
OBG	Overige broeikasgassen (alle broeikasgassen excl. CO_2)
OCGT	Open Cycle Gas Turbine
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
Once through fuel cycle	Kernenergie zonder opwerking van afgewerkte splijtstof
PAM's	Policies and measures
PJ	PetaJoule (10^{15})
PKB	Planologische kernbeslissing
ppbv	Parts per billion volume (10^{-9}), volumeconcentratie van gas
ppmv	Parts per million volume (10^{-6}), volumeconcentratie van gas

Pyrolyse	Thermisch proces waarbij materiaal ontleedt in afwezigheid van zuurstof
R&D	Research & Development, onderzoek en ontwikkeling
SBI	Subsidiary Body for Implementation
SBSTA	Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice
SCC	Special Climate Council
SF6	Zwavelhexafluoride
Slash and burn	Landbouwmethode waarbij bos wordt vrijgemaakt ten behoeve van landbouwgrond
Toe	Energie-equivalent
TTI	Technologisch Top Instituut
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
Verticale berging	Overstromingspreventie door dijkversterking
Watt	Basiseenheid van vermogen, 1 W = 1 J/s
WCO	World Climate Organisation
WKK	Warmtekrachtkoppeling, gebruik van restwarmte van energieopwekking voor verwarming
WMO	World Meteorological Organization
WTO	World Trade Organization



BIJLAGE 1: VIER FUNDAMENTELE PROBLEMEN BIJ DE AFWEGING TUSSEN AANPASSING EN EMISSIEREDUCTIE

1 ONZEKERHEID ALS OBSTAKEL VOOR AFWEGING

De aanpassingskosten worden bepaald door een waarschijnlijkheidsverdeling die juist bij de kleine kansen slecht gedefinieerd is: de staarten van de theoretische Gauss-curve gedragen zich vaak anders dan verwacht. Van den Bergh (2004) merkt op dat veel studies naar aanpassingskosten onvoldoende de mogelijkheid van extreme gebeurtenissen meewegen, terwijl daar de ultieme rechtvaardiging voor klimaatbeleid zou liggen. Er is echter voor de zogenoemde extreme gebeurtenissen weinig kennis over mogelijke causale samenhangen en risico's, zowel kwalitatief als kwantitatief. Ze worden voor de komende eeuw niet waarschijnlijk geacht, maar voor de periode daarna ontbreekt de kennis.

Een tweede bron van onzekerheid is dat zowel de kosten van emissiereductie als die van aanpassing niet constant zijn in de tijd. Door de lange termijn van het klimaatprobleem weegt dit extra zwaar. Nieuwe waarderingen, nieuwe inzichten en nieuwe technologieën veranderen zulke kosten ingrijpend. Bij emissiereductie is het aannemelijk dat door leer-, innovatie- en schaaleffecten de marginale reductiekosten zullen afnemen naarmate de kennis en de toepassingsschaal toenemen. Maar daar staat tegenover dat de kosten toenemen naarmate de vraag naar emissiereductie groter is, omdat technologieën een begrensd toepassingspotentieel hebben, zodat bij overschrijding daarvan andere, duurdere technologieën in het vizier komen (emissiereductieopties behoren vanzelfsprekend in volgorde van goedkoop naar duur te worden ingezet, al is dat niet altijd het geval; zie hoofdstuk 4). Uiteindelijk is er dus geen zekerheid over de richting waarin de kosten zich zullen ontwikkelen. Het saldo kan wel worden beïnvloed door het gekozen tempo van emissiereductie en is, wanneer kosten worden gerelateerd aan het bruto binnenlands product (BBP), bovendien afhankelijk van de welvaartsgroei. Dezelfde kanttekeningen gelden voor de marginale aanpassingskosten: nieuwe inzichten kunnen de geschatte aanpassingskosten ingrijpend verhogen of verlagen. Daarbij gaat het niet alleen om technologie, maar ook om preferenties: andere generaties vinden andere dingen belangrijk.

2 DE WAARDERING VAN EMISSIEREDUCTIEBATEN EN EMISSIEREDUCTIEKOSTEN

Emissiereductiekosten zijn in theorie redelijk gedefinieerd: het kost wat in termen van welvaart om de emissies te beteugelen, zij het dat de daadwerkelijke nauwkeurige schatting van die kosten moeilijker is dan de definitie. Wanneer emissiereductiekosten worden gerelateerd aan het BBP, raken ze los van hun natuurlijke eenheid (euro's/CO_2-equivalenten) en ontstaat de cruciale – en vaak niet beantwoorde – vraag hoeveel emissiereductie we nodig denken te hebben en wanneer. Voor de waardering van de kosten maakt het dan verschil of emissiere-

ductiekosten gekoppeld worden aan een geplande inspanning in een bepaald tijdpad of aan de totaal te maken kosten op lange termijn. In de vergelijking met aanpassingskosten die gemaakt moeten worden bij nagelaten emissiereductie is het van belang de juiste categorieën te vergelijken: voor doelmatig beleid moeten de totale emissiereductiekosten op lange termijn vergeleken worden met de totale vermeden aanpassingskosten. Er zijn twee complicaties bij de waardering van de emissiereductiebaten, die beide samenhangen met het schaalniveau.

Het eerste probleem is de vraag wat aanpassing inhoudt. Wanneer aanpassingskosten worden opgevat als de kosten die gemaakt moeten worden om ondanks klimaatverandering alles bij het oude te laten, worden de kansen die klimaatverandering ook biedt, uit het oog verloren. Ook is het niet realistisch te veronderstellen dat mensen hun gedrag niet kunnen aanpassen aan de veranderde situatie. Het verschuiven van voor landbouw geschikte zones van A naar B is bijvoorbeeld een relatief grote schade wanneer de landbouw op plaats A tegen kosten in stand wordt gehouden of als waarde wordt afgeboekt. Maar in de praktijk kan de landbouw geleidelijk verschuiven van A naar B. Het saldo hangt af van de welvaartsveranderingen in zowel zone A als B en van de kosten die gemaakt moeten worden om de verschuiving tot stand te brengen: mogelijk moeten bijvoorbeeld de (ex-)boeren in zone A worden gecompenseerd voor de door hen geleden schade; dit is weer afhankelijk van het tijdpad van de veranderingen. Vanuit mondiaal gezichtspunt gaat het dus om een integrale en mondiale waardering van de situatie na klimaatverandering, inclusief de daarbijbehorende gedragsveranderingen en de waardering daarvan. Voor een individuele speler tellen uiteraard de lokale waarderingen.

De tweede complicatie komt voort uit het *free rider*-probleem. Vanuit mondiaal gezichtspunt gaat het om de totale, mondiale marginale baten. Voor een individuele speler lekt een belangrijk deel van de baten van emissiereductiebeleid weg naar andere spelers. Anderzijds worden de baten van emissiereductiebeleid van anderen gratis geïncasseerd. De marginale baten van een individuele speler hangen mede af van de mate van internationale coördinatie, dat wil zeggen: bij voldoende coördinatie genereert emissiereductiebeleid van één speler naast de directe probleemoplossing via verminderde uitstoot ook indirect effect via motivatie voor emissiereductiebeleid voor andere spelers.

Bij beide problemen is zowel het mondiale als het lokale gezichtspunt legitiem, afhankelijk van het handelingsperspectief. Met tweemaal een mondiaal perspectief toont men zich een voorbeeldige wereldburger die op mondiaal niveau precies genoeg emissiereductie weet te bewerkstelligen; met tweemaal het lokale perspectief toont men zich een realistische regiobewoner die voor zijn regio hetzelfde doet, maar te weinig vanuit mondiaal perspectief. Maar in de praktijk blijkt dat het perspectief vaak niet consequent wordt toegepast. Als een regionale aanpassingsblik die vooral schade ziet, samengaat met optimisme over coördinatie, zullen de emissies te veel worden gereduceerd vanuit mondiaal en vaak ook vanuit lokaal gezichtspunt. In de complementaire situatie zullen de emissies

vanuit mondiaal en vaak ook vanuit lokaal gezichtspunt te weinig worden gereduceerd.

Kosten- en batenschattingen moeten ruimer worden opgevat dan alleen financieel. De kosten van klimaatverandering in de vorm van bijvoorbeeld ecologische veranderingen kunnen immers moeilijk financieel worden gewaardeerd, maar zijn wel relevant. Daarnaast moeten zulke schattingen ook gedrag incalculeren: bij aanpassing gaat het om het totaal van de kosten van te ondernemen aanpassingsacties en de kosten van het accepteren van de restgevolgen. Zowel bij aanpassing als bij emissiereductie gaat het niet alleen om de totale prijs tot aan de tijdshorizon, maar ook om de vraag wie in welke landen die kosten moeten dragen. In beide gevallen is er een zeer breed spectrum van kostenschattingen, onder meer doordat de horizon waarmee de schattingen gemaakt worden per studie sterk uiteenloopt (Tol 2005).

3 TIJDSHORIZON

Studies naar de kosten van aanpassing aan een veranderend klimaat zijn moeilijk vergelijkbaar met studies naar de kosten van emissiereductie, doordat de tijdshorizon sterk verschilt. Studies naar aanpassing richten zich veelal op de gevolgen op lange termijn, voor zover die al schatbaar zijn. Studies naar de kosten van emissiereductie richten zich soms alleen op de Kyoto-periode tot 2012, in andere gevallen tot hooguit rond 2050. Op die termijn zijn de klimaatveranderingen nog zo klein dat de schade ervan ondergaat in de ruis. Anderzijds zijn de Kyoto-kosten (gemeten per jaar) geen maat voor de kosten van de uiteindelijk gewenste emissiereductie, omdat de uiteindelijke doelstelling voor emissiereductie in een post-Kyoto-scenario veel hoger is wanneer stabilisatie van de CO_2-concentratie wordt nagestreefd, en omdat de richting waarin kosten zich ontwikkelen onzeker is (paragraaf 4).

Emissiereductiekosten en aanpassingskosten zijn om nog een andere reden niet uitwisselbaar. De klimaatverandering is naar de huidige inzichten deels autonoom (dan wel veroorzaakt door emissies in het verleden) en wordt versterkt door het huidige emissiesaldo. Dat betekent dat klimaatverandering sowieso plaats zal vinden en dat emissiereductie vooral het tempo van de verandering beïnvloedt.[1] Anders gezegd: binnen een afzienbare tijdshorizon (minder dan vijftig jaar) is aanpassing eenvoudiger dan emissiereductie, omdat aanpassing nog niet noodzakelijk is, tenzij bewust geanticipeerd wordt op toekomstige veranderingen; maar op de lange termijn is een vergaande onbalans in de CO_2-huishouding van de planeet niet houdbaar, omdat de voorraad broeikasgassen cumuleert. Reductiebeleid en aanpassingsbeleid anticiperen beide in essentie dus op veranderingen die ruim na de gangbare beleidshorizon (mogelijk) te verwachten zijn.

Het is evident dat de termijnverschillen emissiereductiekosten en aanpassingskosten moeilijk vergelijkbaar maken. Maar dat neemt niet weg dat erover moet en kan worden nagedacht. Als er een tijd komt dat de aanpassingskosten van de

klimaatverandering werkelijk hoog en bedreigend worden, is de cruciale vraag hoe ver dat moment weg ligt. Op een zeer lange termijn zullen immers ook andere zeer grote veranderingen plaatsvinden. Wie met een tijdshorizon van vijf eeuwen achterom kijkt, ziet onder meer twee wereldoorlogen, een pandemie van Spaanse griep, diverse verschuivingen van het culturele, economische en militaire centrum in de wereld, een exploderende wereldbevolking en niet in de laatste plaats een kleine ijstijd.

4 TIJDSTIP EN WAARDERING VAN TE NEMEN KOSTEN

De discontovoeten creëren een afwegingsprobleem, omdat klimaatverandering over een zeer lange periode loopt. Emissiereductiekosten moeten in het algemeen in een eerder stadium genomen worden dan aanpassingskosten. Dat maakt het te gebruiken disconto tot de belangrijkste bepalende variabele (Tol 2005). Hoe lager het disconto, des te zwaarder wegen de effecten in de verre toekomst. Bij een hoog disconto tellen toekomstige effecten weinig mee en zorgt degene die dan leeft. Aanpassingkosten op een termijn van 250 jaar wegen zelfs bij een zeer laag disconto van 1 procent een factor 10 lager dan dezelfde emissiereductiekosten in het heden.[2]

Over de hoogte van het te hanteren disconto bestaan verschillen van mening. Voor een reëel disconto pleit de vergelijkbaarheid met alternatieve investeringen in het heden:[3] er moet immers een keuze worden gemaakt voor de meest zinvolle besteding. De relevante vraag is dan bij welke bestedingscategorie een extra euro het meeste nut oplevert: bij besteding aan klimaatbeleid of aan iets anders? Een alternatieve keuze voor het disconto voor een overheid is de verwachte economische groei voor de lange termijn, omdat die de groei van de belastinginkomsten bepaalt waaruit maatregelen te zijner tijd moeten worden bekostigd. Sommigen argumenteren dat een samenleving in tegenstelling tot een individu een oneindige tijdshorizon heeft en daarom geen tijdspreferentie zou hebben – de empirie van overheidstekorten steunt die visie niet. Ook wordt bepleit voor milieurisico's een laag of zelfs negatief disconto te kiezen (WSTB 2004). Dat laat zien dat het disconto niet onschuldig is: het disconto bepaalt wanneer de kosten gedragen worden.

Het voorgaande laat zien dat er drie factoren door elkaar spelen: de tijdswaardering van geld en de waardering van risico, de vraag hoe de kosten verdeeld moeten worden tussen huidige en toekomstige generaties en de vraag naar de relatieve prioriteit van toekomstige belangen (dat wil zeggen de preferenties van toekomstige generaties).

Het disconto bestaat analytisch uit een tijdsvoorkeur en een risicopremie. De tijdsvoorkeur geeft aan dat we behoeften liever nu dan later bevredigd zien, de risicopremie dat met een investering die pas over lange tijd rendeert, in de tussentijd nog van alles kan misgaan.[4] De risicopremie kan twee kanten opwerken. Wie zich wil indekken tegen falende investeringen zal een verwacht rendement eisen dat hoger is dan het risicovrije rendement en dus de risicopremie optellen bij het risicovrije disconto. Wie zich daarentegen met investeringen wil

indekken tegen mogelijke toekomstige schade zal juist de risicopremie aftrekken van het risicovrije disconto. De risicopremie wordt dan een verzekeringspremie.[5]

Een laag disconto verleidt tot het vroegtijdig nemen van kosten, waardoor de verdeling tussen generaties via de keuze van het disconto kan worden beïnvloed. Een laag disconto geeft dus verdelingspreferenties weer, maar brengt ook risico's van niet-renderende investeringen met zich mee, doordat het disconto niet meer kan worden gebruikt om aantrekkelijke van minder aantrekkelijke investeringen te onderscheiden. Toekomstige generaties zijn beter af met een in hun ogen renderende investering ter waarde van 1 euro dan met een grotere, maar in hun ogen niet renderende investering. Renderende investeringen helpen immers om toekomstige kosten te dragen. Maar ze zijn slechter af met in het geheel geen investering. In het rapport *Generatiebewust beleid* (WRR 1999) heeft de raad uiteengezet dat er geen eenduidige criteria zijn voor een rechtvaardige lastenverdeling tussen huidige en toekomstige generaties. Kort gezegd komt dit doordat aanvaarde rechtvaardigheidsbeginselen zoals 'gelijke monniken, gelijke kappen' niet van toepassing zijn, omdat de monniken niet gelijk zijn. De situatie van toekomstige generaties verschilt in te veel opzichten van die van de huidige (welvaartsniveau, ontwikkelingskansen, enzovoort). Daar komt nog bij dat we ook de preferenties van toekomstige generaties niet kennen. Die preferenties kunnen afwijken van de onze, zodat naast de rechtvaardigheid en doelmatigheid van de verdeling ook de verdeling zelf onduidelijk is.

De derde factor is de relatieve prioriteit van toekomstige belangen. Hier gaat het om (veronderstelde) preferenties van toekomstige generaties. Omdat die verwoord worden door leden van huidige generaties, kan men dit ook zien als het verdelingsvraagstuk in een ander jasje. Er is niet noodzakelijk een universeel disconto dat overal op van toepassing is.[6]

Bij de vaststelling van het disconto is de causaliteitsrichting essentieel: de voorkeur volgt niet uit het disconto, maar het disconto volgt uit de voorkeur. Dit geldt a fortiori op de lange termijn en bij onzekerheid. Het disconto is als *revealed preference* af te leiden uit de prijs die men bereid is te betalen voor een mogelijke schade op de lange termijn.

Alleen door de vragen naar verwacht rendement en mate van risicoaversie, naar een rechtvaardige intergenerationele verdeling en naar veranderende waarderingen apart te beantwoorden kan tot een verstandige beleidskeuze worden gekomen. Wie zulke keuzen onderbouwt met modellen die discontovoeten bevatten welke een amendering zijn op het marktdisconto, volgt een cirkelredenering: de modeluitkomst volgt immers rechtstreeks uit het gekozen disconto dat op zijn beurt de voorkeuren van de onderzoeker weerspiegelt. Het zijn de huidige deelnemers aan de beleidsdiscussies die hun voorkeuren via het instrument van het disconto projecteren op toekomstige generaties. Discontovoeten (en meer in het algemeen modelparameters) kunnen dus worden gebruikt om preferenties van de onderzoeker in de analyse in te brengen.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Bergh, J.C.J.M. van den (2004) Optimal climate policy is a utopia: from quantitative to qualitative cost-benefit analysis, *Ecological economics* 48: 385-393.

Tol, R. (2005) The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties, *Energy Policy* 33: 2064-2074.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (1999) *Generatiebewust beleid*, Rapporten aan de regering nr. 55, Den Haag: Sdu Uitgevers.

WSTB (Water Science and Technology Board) (2004) *Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-Making*, Washington, DC: The National Academies Press.

NOTEN

1 Er is wel een eindniveau van de invloed van de huidige emissie-impuls, zodat emissiereductie mede de maximale uitslag bepaalt; het dynamische klimaatsysteem kent op zichzelf geen stabiel eindniveau.

2 Voor een termijn van 50 jaar geldt: disconto 4 procent: factor 7; disconto 2 procent: factor 2,7; disconto 1 procent: factor 1,6.

3 Daarbij moet wel worden opgemerkt dat de maximale termijn voor marktrente in de orde van 30 jaar ligt. Voor een langere termijn bestaat geen echte markt. Wel heeft de markt de neiging om voor de lange rente juist een hogere waarde overeen te komen dan voor de korte rente.

4 Het onderscheid is in de praktijk niet altijd helder, omdat tijdsvoorkeur deels samenhangt met onzekerheid of de toekomst zich wel langs het verwachte pad ontrolt (zie het argument over de tijdsvoorkeur van samenlevingen hierboven). Een veel gehanteerde maat voor de risicovrije tijdsvoorkeur is de nominale 10-jaars rente op staatsschuld verminderd met de verwachte inflatie (waarover onzekerheid bestaat).

5 De verzekeringspremie is hier de meerprijs boven de verwachtingswaarde van het risico die men bereid is te betalen voor het mijden van het risico. In het dagelijks spraakgebruik bestaat de verzekeringspremie uit de verwachtingswaarde, vermeerderd met de risicopremie.

6 Stel dat in een eenvoudige samenleving slechts geld wordt uitgegeven aan de twee categorieën, milieu en infrastructuur. Wanneer iemand toekomstige milieuproblemen met een lager disconto waardeert dan toekomstige problemen met de infrastructuur, dan is dat een uitdrukking van het feit dat diegene nu meer dan volgens de huidige bestedingsverhouding geld wil uitgeven voor toekomstig milieu dan voor toekomstige infrastructuur. De waarderingsverhouding tussen milieu en infrastructuur verandert zo in de tijd.

BIJLAGE 2: HET REDUCTIEPOTENTIEEL VAN TRENDMATIGE VERHOGING VAN ENERGIE-EFFICIËNTIE

1 INLEIDING

Het energiegebruik zal naar verwachting over vijftig jaar, bij een groei van het BBP tot 2050 met gemiddeld 3 procent en een afname van de energie-intensiteit met 1,2/1,3 procent per jaar, bijna zijn verdubbeld. Die aannames lijken redelijk (IPCC 2001; IEA 2004). De historische daling van energie-intensiteit is 1 procent per jaar, en is ten dele te danken aan een niet-beïnvloedbaar structuureffect van zo'n 0,3-0,5 procent per jaar.

In een BAU-ontwikkeling zou dan het energiegebruik met 1,2 procent per jaar groeien en de CO_2-emissie, uitgaande van een gelijkblijvend aandeel 'fossiel' in de energiemix, met eenzelfde percentage. Bij een efficiëntieverbetering ten opzichte van BAU met 0,7 procent extra per jaar zou dat 0,5 procent zijn. In het eerste geval komt in 2050 de C-emissie op 11,6 GtC, dat is 5,2 GtC meer, en in het tweede geval op 8,2 GtC, dat is 1,8 GtC meer. Dat scheelt bijna 4 GtC in 2050. Neemt de intensiteit af met 2,2 procent, dan scheelt dat nog eens 0,6 GtC.

Het voorkomen van die verdubbeling van energiegebruik binnen vijftig jaar vergt extra beleid gericht op energie-efficiëntie. Is een afname van de energie-intensiteit met 2 procent of nog meer per jaar[1] in de periode tot 2050 haalbaar?

Het huidige geringe energierendement laat veel te wensen over
Van het mondiale primaire energiegebruik gaat twee derde 'verloren', in drie stappen (Jochem 2002; 2004b):

- Bij het omzetten van primaire in bruikbare energie gaat gemiddeld 25-30 procent verloren. In centrales is bijvoorbeeld het mondiale rendement gemiddeld 30 procent (IEA 2004), daar is het verlies dus 60-70 procent.
- Bij omzetting van beschikbare energie in het eindgebruik in diensten zoals verlichting en beweging gaat opnieuw gemiddeld een derde verloren; bij auto's is dat zelfs bijna 80 procent (door warmteverlies, wrijving en dergelijke).
- In het gebruik zelf wordt opnieuw gemiddeld 30-35 procent verlies geleden; geleverde warmte verdwijnt bijvoorbeeld door kieren en koudebruggen.

Zo te zien is er op het gebied van efficiëntie nog zeer veel te bereiken. De doelstelling van Nederland, te weten 1,3 procent per jaar, lijkt bescheiden in het licht van de *World Energy Assessment,* waarin in ons type landen een verbetering met gemiddeld 1,6 procent haalbaar moet zijn, en mondiaal zelfs 2 procent.[2] De afgelopen decennia bleek echter dat een verbetering met 2 procent gemiddeld per jaar verre van eenvoudig te bereiken is, zeker niet over een lange periode. Voor Nederland stelt het ECN dat tot 2020, zonder aanvullend beleid, de efficiëntieverbetering zal blijven steken op maximaal 1 procent. Energiebesparing levert weliswaar dikwijls netto een kostenbesparing op, maar de meeste mensen en organisa-

ties zijn er gewoon niet 'mee bezig' omdat de energiekosten nu eenmaal een laag aandeel hebben in de totale kosten.[3] Bij huurwoningen en dergelijke speelt ook nog eens mee dat de voordelen van die kostenbesparing over het algemeen niet bij de eigenaar terechtkomen. En zo blijven vele mogelijkheden onbenut.

2 MOGELIJKHEDEN TOT MEER ENERGIE-EFFICIËNTIE IN HET EINDGEBRUIK

Efficiëntieverbetering wordt voor een groot deel gerealiseerd via geleidelijke penetratie van nieuwe, efficiëntere apparatuur en kapitaalgoederen. Rosenfeld vond dat in de VS de energie-efficiëntie van nieuwe *equipment* in de periode 1973 tot midden jaren tachtig verbeterde met 5 procent per jaar, en mondiaal met 3,5 procent (Blok 2004). Volgens Blok (2004; 2005) kan in industrieën zoals papier/ijzer/staal/kunstmest met nu reeds beschikbare nieuwe technologie – die binnen vijftien jaar alom geacht wordt concurrerend te zijn – via stelselmatige vernieuwing van de kapitaalvoorraad de kloof tussen de huidige meeste energie-efficiënte techniek en het theoretisch minimum aan benodigd energiegebruik gehalveerd worden. Dat zou in die sectoren leiden tot een verbetering met 4,5 procent gemiddeld per jaar.[4] Dat wordt uiteraard op een gegeven moment minder, maar ook indien na die vijftien jaar geen verdere verbetering bereikt zou worden, wordt tot 2050 toch een verbetering van de efficiëntie in het gehele park bereikt met ruim 2 procent gemiddeld per jaar. Zou, zo rekent Blok voor, een dergelijk tempo niet vijftien maar dertig jaar volgehouden kunnen worden, gevolgd door een periode van stabilisatie van de efficiëntie, dan verbetert de energie-efficiëntie van het park tot 2050 met gemiddeld 2,8 procent per jaar.[5]
De hier summier weergegeven exercitie van Blok brengt hem tot de conclusie dat in ontwikkelde landen in de genoemde sectoren een verbetering van de energie-efficiëntie met 2 procent per jaar tot 2050 haalbaar is. Dat is exclusief de energiebesparing die via materiaalbesparing[6] bereikt kan worden. Gezien de achterstand in Oost-Europa en elders zou het mondiale gemiddelde daar aanmerkelijk boven moeten kunnen komen. Dit veronderstelt wel dat de bereidheid bestaat tot subsidiëren van het verschil met concurrerende technologie door de overheid of vanuit het buitenland, zeker in de eerste tien à vijftien jaar.

Dit soort stroomversnelling in de verbetering van de energie-efficiëntie van nieuwe apparaten heeft trouwens pas na verloop van tijd een goed merkbaar effect op de gemiddelde efficiëntie van het park van kapitaalgoederen – het tempo waarin apparaten worden vervangen is hier maatgevend. Daarom is de optie 'stroomversnelling energie-efficiëntie' vooral interessant voor de post-Kyoto-periode. Wel zij aangetekend dat bewuste stroomversnelling in de efficiëntieverbetering duur is en niet zonder subsidie of ander overheidsingrijpen tot stand zal komen.

Voorbeelden van verbeteringen in energie-eindgebruik in de consumptiesfeer

Vervoer

In landen als China en India groeit de vraag naar benzine en diesel met 3 procent per jaar. Mondiaal groeit de vraag naar energie voor verkeer en vervoer veel minder: gemiddeld 0,9 procent per jaar; dat is veel minder sterk dan het BBP. In de WETO-studie wordt verwacht dat die toename mondiaal geleidelijk verder daalt naar 0,7 procent per jaar.
Het huidige gemiddelde benzineverbruik in auto's is '1 op 13'. Op termijn wordt '1 op 36' mogelijk geacht. De Toyota Prius heeft al een verbruik van '1 op 23'. Een studie in opdracht van het Pentagon stelt dat de efficiëntie van personenvoertuigen met nu reeds beschikbare technieken vrijwel kan worden verdubbeld door gebruik te maken van moderne samengestelde of lichtgewicht stalen materialen. De extra kosten daarvan zouden in een jaar of drie terugverdiend worden (Lovins et al. 2004). Exxon meent dat de energie-efficiëntie in auto's tot 70 procent beter kan. Een MIT-studie (Weiss et al. 2000) acht een tweemaal zo efficiënt voertuig binnen bereik. Shell stelt dat de traditionele auto, al dan niet hybride, een derde van het huidige gemiddelde benzinegebruik zal gaan verbruiken.[7] Ook Blok meent dat in de komende 20-30 jaar een driemaal zo efficiënte auto mogelijk is. Een dergelijke ontwikkeling zou neerkomen op een efficiëntieverbetering tot 2050 met zo'n 2,5 procent per jaar. Maar ook als het blijft bij een verdubbeling van de efficiëntie bij voertuigen, dan zou dat, *ceteris paribus*, ten opzichte van BAU ongeveer 1 GtC reductie in 2050 opleveren!

Huishoudelijke apparaten

Koelkasten, vriezers, afwasmachines, airconditioners en dergelijke hebben een aandeel van 30 procent van alle elektriciteitsgebruik in de OESO, en daarmee een aandeel van 12 procent in de CO_2-emissies. Nieuwe apparaten worden jaarlijks gemiddeld 1 procent efficiënter; dat kan naar 2 procent per jaar (IEA 2004).[8] Het IEA stelt dat in de OESO-landen alleen al via adequate normstelling die is afgestemd op 'het goedkoopste apparaat in 2005 gerekend over z'n levensduur', een efficiëntieverbetering van het gehele 'apparatenpark' mogelijk is met 25 procent in 2020. Dat is, binnen vijftien jaar, 2 procent per jaar extra.[9] De extra kosten worden meer dan gecompenseerd door besparingen in levensduur. Het IEA becijferde dat in Europa elke langs deze weg bespaarde ton CO_2 de consument 170 euro zou besparen.

Energiegebruik in woningen

In Nederland nam in de periode 1990-2000 de energie-efficiëntie in woningen toe met 5 procent. Met de huidige regelgeving wordt in *nieuwe* gebouwen een reductie bereikt van gemiddeld meer dan 5 procent per jaar in de periode 1996-2006. Dat kan volgens Blok voor de jaren daarna wel oplopen tot 7 procent per jaar, met name door besparing bij verwarming en apparaten/verlichting; samen zijn deze goed voor 95 procent van de vraag naar energie vanuit gebouwen.

Woningen

In 1975 werd voor verwarming gemiddeld 3100 kubieke meter gas per woning gebruikt; dat is inmiddels gedaald tot 2000 kubieke meter (–1,5% per jaar). Nieuwe woningen gebruiken tegenwoordig nog maar 1000 kubieke meter of minder; er zijn woningen met een gebruik van 500 kubieke meter, en woningen met nihil verbruik zijn binnen bereik door een combinatie van nieuwe bouwmethoden, isolatiematerialen en warmteopslagsystemen.[10]
Ook bij bestaande woningen kan nog veel bereikt worden. Volgens een studie van Ecofys (Peters-

dorff et al. 2004) leidt de Europese 'Energy Performance Buildings Directive' voor de EU-15 (geldig vanaf 2006 voor gebouwen die groter zijn dan 1000 vierkante meter; ook voor gebouwen zodra ze renovatie ondergaan) tot een zeer kosteneffectieve vorm van mitigatie in de periode tot 2010: een reductie van de uitstoot met zo'n 5 procent plus een nettokostenbesparing op de energiekosten van 3,7 miljard euro.[11] Breidt men de richtlijn uit naar álle gebouwen (alle nieuwbouw en verbouwingsprojecten), dan zou op verwarming (isolatie, dubbel glas, betere ketels; exclusief *fuel switch*) netto veel meer bespaard kunnen worden: 7,5 miljard euro in 2010, 13 miljard euro in 2015 (het meeste daarvan in zuidelijke en gematigde zones). Dat geeft een reductie van 70 Mt in 2010 (=10%) en 119 Mt CO_2 in 2015.[12] In *kantoren* zou op de lange termijn zo'n 90 procent besparing mogelijk zijn op het gebruik van energie voor verwarming. Gebouwen van voor 1973 – 60 procent van bestand – hebben een potentieel van 30 procent.

3 ELEKTRICITEITSCENTRALES: NAAR EEN HOGER CONVERSIERENDEMENT[13]

De elektriciteitssector heeft een aandeel van ongeveer een derde in het totale primaire energiegebruik; en dat aandeel groeit. Het aandeel in de mondiale CO_2-emissies is nu 40 procent en ook dat aandeel groeit in BAU verder tot 44 procent in 2030 (IEA 2004). Kolen en gas voorzien in BAU in driekwart van de groei. De CO_2-reductie die haalbaar is door efficiëntieverbetering in centrales is vooral groot bij kolen; daar valt per eenheid energie de meeste reductie te halen. Welnu, kolencentrales in ontwikkelingslanden emitteren per kWh 20 procent meer CO_2 dan in de OESO; de gemiddelde efficiëntie van kolencentrales in 2002 was daar 30 procent (IEA 2004) en in de OESO 36 procent.
Verhoging van het gemiddeld rendement van centrales zal hoofdzakelijk z'n beslag moeten krijgen via vervangings- en uitbreidingsinvesteringen.[14] Van alle huidige centrales op de wereld is twee derde al meer dan twintig jaar oud; 15 procent is zelfs meer dan veertig jaar oud.

Het rendement van nieuwe kolencentrales kan na 2020 minstens 50 procent worden (IEA 2004). Zo'n rendementsverbetering van 30 procent naar 50 procent in 2040 zou een daling betekenen van het verlies in centrales van 70 procent naar 50 procent. Dat betekent een CO_2-reductie per kWh met 40 procent, per jaar 0,8 procent ; dat zou een besparing betekenen op het totale primaire energiegebruik van ongeveer 0,2-0,3 procent per jaar, want de sector elektriciteit gebruikt een derde van de primaire energie. Dat zou zonder twijfel een significante bijdrage zijn aan de beoogde energiebesparing van gemiddeld 2 procent per jaar. Toepassing van WKK in situaties waarin een kosteneffectieve aanwending van de warmte is te vinden, zou nog eens een forse besparing – in de orde van 20 procent – op primaire brandstoffen opleveren.

4 NEVENBATEN EN SYNERGIE

Verbetering van de energie-efficiëntie is de enige mitigatieoptie die het hele spectrum van toepassing van fossiele energie dekt (opties als CCS, wind- en zonne-

energie, kernenergie, waterkracht en dergelijke zijn hoofdzakelijk toepasbaar in de elektriciteitssector). Maar dat is tegelijk ook een zwak punt: er zijn duizend-en-een mogelijkheden.

Energiezekerheid
Een hogere efficiëntie betekent dat er van de vraagzijde minder druk uitgaat op het energiesysteem, en dat vormt een structurele bijdrage aan energiezekerheid – evenveel als een in omvang gelijkwaardig potentieel aan hernieuwbare energie zou doen.

Milieuhygiëne
Efficiënter gebruik van fossiele energie levert niet alleen een bijdrage aan de reductie van CO_2-emissies, maar ook aan de vermindering van toxische emissies per eenheid energie.

Synergie met andere opties voor CO_2-reductie
Verhoging van de energie-efficiëntie vergt een moderniseringsslag wat betreft apparatuur en kapitaalgoederen. Zo'n investeringsslag in centrales kan benut worden voor het aanbrengen van voorzieningen die de toepassing van CCS mogelijk gaan maken. In het verlengde daarvan kunnen vervolgens, althans bij de productie van *synfuels* in vergassingscentrales, de toxische emissies in het transport enorm omlaag.[15]

En, meer in het algemeen: hoe hoger de energie-efficiëntie, des te minder worden de extra kosten gevoeld waarmee toepassing van duurdere C-neutrale energievormen in centrales en voertuigen gepaard gaat.
Hierbij moet men wel bedenken dat efficiëntere conventionele centrales de drempel voor invoering van met name wind- en zonne-energie beperken. Daarentegen kan CCS juist beter toegepast worden bij efficiënte centrales gebaseerd op vergassing; ook voor toepassing van biomassa lijkt zo'n verbetering alleen maar gunstig.

5 CONCLUSIES MET BETREKKING TOT DE OPTIE 'ENERGIE-EFFICIËNTIE'

Het voorgaande overziend lijkt het mogelijk om in de periode tot 2040-2050, door een combinatie van efficiëntieverbetering in eindgebruik en in elektriciteitsopwekking, de trendmatige afname van de energie-intensiteit op te voeren tot gemiddeld 2 procent per jaar, zelfs in de OESO en zeker mondiaal. Daarmee lijkt de optie 'beleidsintensivering van energie-efficiëntie' een zeer belangrijke bijdrage te kunnen leveren aan de tot 2050 benodigde CO_2-reductie ten opzichte van BAU. Bij het werken aan deze optie hoeft in de meeste gevallen relatief weinig overhoop te worden gehaald.
Belangrijk is dat de optie hand in hand gaat met het bevorderen van zekerheid in de energievoorziening en dat ze bovendien voordelen biedt wat betreft milieuhygiëne: vermindering van toxische emissies per eenheid fossiele energie.
Hoe hoger de energie-efficiëntie in het eindgebruik, des te lager de drempels voor toepassing van duurdere C-neutrale energievormen.

De sleutel voor het realiseren van het potentieel is dat bij investeringen in nieuwe centrales, apparaten, voertuigen, woningen en dergelijke gezorgd wordt voor efficiëntie, waar dat kan, en zeker in landen waar de efficiëntie zeer te wensen overlaat. De investeringsslag in centrales kan hand in hand gaan met het aanbrengen van voorzieningen die CCS mogelijk moeten gaan maken.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Blok, K. (2004) Improving energy efficiency by five percent and more, *Journal of Industrial Ecology* 8, 4: 87-98.
Blok, K. (2005) Enhanced policies for the improvement of electricity efficiencies, *Energy Policy* 33: 1635-1641.
Boonekamp, P.G.M., A. Gijsen en H.H.J. Vreuls (2004) *Gerealiseerde energiebesparing 1995-2002: Conform Protocol Monitoring Energiebesparing,* ECN, www.ecn.nl/library/reports/2004/c04016.html.
Celik, F., E.D. Larson en R.H. Williams (2004) Transportation fuel from coal with low CO_2 emissions, in: *Proceedings of the 7th International Conference on Greenhouse Control Technologies*. Vancouver, BC, Canada.
CIAB/IEA (2005) *Reducing Greenhouse Gas Emissions. The Potential of Coal*, Paris.
Dzioubinski, O. en R. Chipman (1999) *United Nations Trends in Consumption and Production, Household Energy Consumption*, www.un.org/esa/sustdev/publications/esa99dp6.pdf.
Jochem, E. et al. (2002) *Analysis of Steps towards a 2000 Watt Society*, Zürich: Novatlantis.

Jochem, E. (2004a) R&D and Innovation Policy – Preconditions for Making Steps Towards a 2000 Watt/Cap Society, *Energy and Environment* 15, 2: 285-296.
Jochem, E. (2004b) Energieeffizienz, Eine national und international unbeachtete Chance, *Internationale Politik* 8: 39-47.
IEA (2004) *World Energy Outlook 2004*, Paris.
IPCC (2001) *Third Assessment Report* (TAR), www.ipcc.ch/.
Lovins, A.B., E.K. Datta, O.E. Bustnes, J.G. Koomey en N.J. Glasgow (2004) *Winning the Oil Endgame*, Rocky Mountain Institute.
OECD/IEA (2003) *Cool Appliances – Policy Strategies for Energy Efficient Homes*, Paris.
Petersdorff, C. et al. (2005) *Mitigation of CO_2 emissions from the building stock*, Keulen, Ecofys.www.ecofys.com/com/publications/reports_books.asp.
Unander, F. (2001) *Energy Indicators and Sustainable Development*, IEA.
Unander, F. en L. Schipper, *Trends in Energy Use and Efficiency: on the Road from Kyoto*. International Energy Agency, www.eceee.org/library_links/ proceedings/1999/pdf99/Panel1/1-19.pdf.
UNDP (2001) *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*.
Waart, A.S. van der, M. Mooij en K. Stap, *Haalbaarheid aanscherping van de EPC-eis,* www.ecofys.nl/nl/publicaties/RapportenBoeken.htm.
Weiss, M.A., J.B. Heywood, E.M. Drake, A. Schafer en F. AuYeung (2000) *On the Road in 2020: A life-cycle analysis of new automobile technologies*, MIT Energy Lab. Report, MIT EL 00-003.
World Energy Council (2003) *Energy efficiency policies and indicators*, www.world-energy.org/wec-geis/publications/reports/eepi/progress_achieved/progress_achieved.asp.
Worrell, E. en G. Biermans, Move over! Stock turnover, retrofit and industrial Energy efficiency, *Energy Policy* 33, 7: 949-962.

NOTEN

1 De Algemene Energieraad en de VROM-raad publiceerden in december 2004 het advies ‘Energietransitie: klimaat voor nieuwe kansen’, waarin zij pleitten voor een energiebesparingsdoel van 2 procent per jaar. De Tweede Kamer heeft onlangs de motie-Van der Ham/Spies aangenomen waarin de regering wordt verzocht de Nederlandse doelstelling voor energiebesparing te verhogen van 1,5 procent per jaar in 2006 naar 2 procent vanaf 2010.

2 *World Energy Assessment 2001:* in de industrielanden is de komende 20 jaar een kosteneffectieve reductie mogelijk van ongeveer 25-35 procent, met name in gebouwen, industrie, vervoer, overheid en handelssectoren (per jaar 1,6%). In transitie-economieën: 40 procent kosteneffectief (2,3% per jaar); in de meeste ontwikkelingslanden: 30-45 procent.

3 In OESO-landen hebben energiekosten een aandeel van minder dan 2 procent in de productiekosten; in huishoudens gaat 5 procent van de bestedingen op aan energie.

4 Belangrijke aandachtspunten zijn: procesintegratie wat betreft afval en energie/warmte; distributie via e-commerce en dergelijke.

5 Toelichting op de berekening: stel de toename van equipment op 2 procent per jaar, met voor het grootste deel (80%) een verbetering met 5 procent per jaar. Bij berekening van het totale energiegebruik is gewerkt met drie types qua *lifetime* en hun aandeel in het totale energiegebruik: vijftien jaar *lifetime* voor auto’s en huishoudelijke apparaten (goed voor 50% energiegebruik); dertig jaar voor grote industriële equipment, centrales (25% energiegebruik); zestig jaar voor gebouwen (25% energiegebruik).

6 Onder andere: met behulp van nieuwe materialen, miniaturisatie, materiaalherkenning ten behoeve van scheiding, hergebruik van energie-intensieve materialen. Materiaalvoorziening heeft een aandeel van ongeveer 7-10 procent van het energieverbruik op wereldschaal.

7 Het technisch reductiepotentieel is volgens ICARUS 42 procent.

8 Er is een substantieel potentieel bij de *stand-by*-functie van apparaten, bij verlichting, warmwatervoorziening, drogers, tv, ruimteverwarming.

9 En 31,5 procent in 2030, exclusief de verder te verwachten besparingen. In 2030 komt dat in de OESO overeen met een mitigatie van CO_2 die gelijkstaat aan het van de weg halen van 200 miljoen auto’s.

10 Voor de VS is uitgezocht dat in nieuwe gebouwen 30-40 procent besparing mogelijk met nu reeds beschikbare technieken (Pew Research Center, http://pewresearch.org/).

11 Bij energiekosten in 2002 voor gas, elektriciteit, olie, exclusief belasting, en prijsstijging met 1,5 procent per jaar. De jaarlijkse investeringskosten zijn in 2010 bijna 4 miljard euro; energiebesparing levert in 2010 7,7 miljard euro op.

12 Bij de huidige richtlijn is dat 82 Mt CO_2; en indien uitgebreid tot 200 vierkante meter: 151 Mt CO_2. Wanneer deze isolatiemaatregelen buiten verbouwingsprojecten om genomen worden, is men niet afhankelijk van het ritme van verbouwingen en kan in dezelfde periode veel meer worden bereikt: zo’n 400 Mt CO_2, dat is

meer dan de helft van de huidige CO_2-uitstoot uit gebouwen. De jaarlijkse kosten zijn dan echter veel hoger, namelijk 133 miljard euro, en overstijgen de jaarlijkse besparing op energiekosten met 33 miljard euro.

13 Voor analyse en aanbevelingen Europa, zie CIAB/IEA 2005.

14 Ook bij oude centrales is met aanpassingen kosteneffectief een flinke efficiëntieverbetering te bereiken.

15 Als een nieuwe benzine-/hybride auto met een verbruik van 3 liter per 100 kilometer gebruikmaakt van DME geproduceerd met CCS, geeft dat per kilometer (rekening houdend met alle indirecte energiegebruik bij het maken van de brandstof) nog maar 27-36 procent van de emissies in vergelijking tot die van de huidige benzineauto met een verbruik van 7,9 liter per 100 kilometer (Celik et al. 2004).

BIJLAGE 3: CARBON CAPTURE AND STORAGE

1 INLEIDING

Carbon capture and storage (CCS) bestaat uit drie technieken: afvang, transport en opslag van CO_2. Met elk daarvan is vrij veel ervaring opgedaan, maar nog niet met een aaneengesloten keten op een veel grotere schaal. De hoeveelheid die al wordt opgevangen en opgeslagen is nog gering: 10 Mt (Senior et al. 2004). Het duurt nog een aantal jaren voor de techniek geheel volwassen is.

Het afvangen van CO_2

Omdat afvang technisch en economisch alleen kosteneffectief mogelijk is bij installaties met een sterk geconcentreerde uitstoot van CO_2 – en niet in voertuigen of verwarmingsinstallaties, dat is 50 procent van het totaal – is men aangewezen op grote stationaire bronnen. Vooral de toepassing in nieuwe kolencentrales lijkt belangrijk te worden, maar ook nieuwe gascentrales, de ijzer-staalfabrieken, de petrochemie, papierindustrie, raffinaderijen, cementfabricage en olieraffinage komen deels in aanmerking.[1] Per installatie is men in staat 80-90 procent van de CO_2 af te vangen.[2] Voor de afvang is extra energie nodig in de orde van 10-15 procent.[3] In 2007 moet de bouw van een groot project (FutureGen) in de VS van start gaan voor cogeneratie van elektriciteit en waterstof. Er zijn ook projecten gepland in Canada, Europa en Australië. Het IEA telt 11 proefprojecten en 35 R&D-projecten (IEA 2004).

Het transport van CO_2

Het transport kan zowel via pijplijnen als per schip; beide technieken zijn bekend.

De opslag van CO_2

Opslag kan ten eerste in oude olie-, gas- en – lastiger – kolenlagen. Hiermee is ervaring opgedaan doordat men CO_2 al langer injecteert in oude olielagen om zo een deel van de achtergebleven olie de bron uit te 'blazen' (*Enhanced Recovery*); de CO_2 blijft achter. Het principe zou ook ingezet kunnen worden ten behoeve van winning van methaan in kolenmijnen. Er zijn vele tientallen projecten, deels in uitvoering.[4] Een tweede techniek richt zich op diep gelegen zoutwaterhoudende lagen (*aquifers*). Voor de kust van Noorwegen loopt een succesvol project waar sinds 1996 1 Mt CO_2 per jaar wordt opgeslagen. Er is tot op heden geen indicatie dat deze opslag problemen zou geven. Geologische formaties zijn waarschijnlijk veiliger dan door de mens gemaakte opslagplaatsen; en lege gas- en olievelden zijn veiliger dan saline formaties. Olie en gas zijn immers miljoenen jaren opgeslagen geweest. Veel onderzoek wordt gedaan naar mogelijke lekken. Bij opslag van H_2S (meer giftig en corroderend dan CO_2) zijn al vijftien jaar geen ongelukken gebeurd.

Het geologisch opslagpotentieel

Al met al lopen de schattingen van het geologisch opslagpotentieel uiteen van 135 GtC tot 2700 GtC (exclusief eventuele opslag in oceanen, zie tekstbox 1). Ecofys

geeft als beste schatting rond 500 GtC. Het IPCC (2005) geeft een geschat potentieel van minimaal 545 GtC tot duizenden GtC in geologische formaties. Dat is minstens 80 keer de huidige fossiele koolstofemissie per jaar. Omdat van de jaarlijkse fossiele emissie, zoals hierboven bleek, slechts rond 30-40 procent kan worden afgevangen, kan men met dit geologisch opslagpotentieel nog heel, heel lang toe.

Het potentieel van oude olielagen en dergelijke schat het IEA (2004) op 250 GtC.[5] Dat komt overeen met maar liefst 45 procent van de BAU-emissies tot 2050. Het bewezen potentieel van de olie- en gasreservoirs in de VS bedraagt 0,5 GtC per jaar voor een periode van twintig tot vijftig jaar. Het mondiale potentieel in oude olielagen is niet gelijkmatig verdeeld; benutting van verder gelegen gebieden stuit op te hoge transportkosten. Het Noordzeebassin is een belangrijke kandidaat, met mogelijkheden voor extra olie- en gaswinning (Gielen 2003).
Diep gelegen zoutwaterhoudende lagen (*aquifers*) zijn wel overal te vinden; het potentieel daarvan wordt geschat op 400-10.000 Gt CO_2.

Tekstbox 1 Andere mogelijkheden voor opslag van CO_2

1. Oceanen
Zo'n 80 procent van alle koolstofemissie komt op termijn, langs natuurlijke weg, vanuit de atmosfeer alsnog terecht in de oceanen. De opslagcapaciteit in zee is enorm, er zit al 40.000 GtC in de oceanen. Daarbij zinkt de 750 GtC die zal leiden tot een verdubbeling van de koolstofconcentratie in de atmosfeer op het eerste gezicht in het niet (Herzog en Golomb 2004). Er gaan dan ook stemmen op om een deel van de emissie te injecteren diep in de oceanen. Zou men 300-400 GtC injecteren, dan zou de concentratie in de diepe oceaan toenemen met 1 procent en de zuurgraad met minder dan 0,1 eenheid. Bij injectie dieper dan 3000 meter wordt vloeibare CO_2 een *clatrate,* een soort ijsklont die redelijk stabiel lijkt, maar zeker is dat niet. De London Convention, de Ocean Dumping Act en de Clean Water Act maken projecten op dit gebied niet zomaar mogelijk. Milieugroepen zijn vooralsnog tegen. Maar hoe dan ook zal sowieso ooit, geleidelijk 80 procent van de antropogene CO_2 uiteindelijk in de oceaan terechtkomen.

2. Langs chemische weg: de vorming van carbonates or bicarbonates
Dit zijn stabiele producten die in de natuur ook gewoon voorkomen. Deze optie is vooralsnog duur.

3. Direct uit de lucht halen
Dit kan door lucht te leiden langs chemische absorbenten (alkali-oplossingen of geactiveerde carbonsubstraten). De huidige energie-infrastructuur hoeft dan niet belast te worden met afvanginstallaties. Er is weinig over bekend.

2 DE KOSTEN VAN CCS

CCS-kosten bestaan gemiddeld voor zo'n 65 procent uit kosten voor afvang; de rest betreft transport en opslag, rekening houdend met de extra energie. De kosten hangen af van het type centrale (afvang uit rookgas van gewone centrales

is duur), de afstand van centrale tot opslaglocatie, het type locatie (diepte; aan land of in zee; manier van opslag). TNO/ECOFYS (Hendriks et al. 2004) waarschuwen dat kostenschattingen nog erg indicatief zijn vanwege het gebrek aan ervaring met echt grootschalige projecten. Dit gezegd zijnde, schat men dat CCS bij grootschalige toepassing naar schatting zeker 50 dollar per ton CO_2 gaat kosten, en afhankelijk van het type centrale enzovoort kan dat oplopen tot 100 dollar per ton CO_2 (IEA 2004). Het IPCC (2005) geeft een range van 0-40 dollar per ton CO_2 bij Enhanced Oil Recovery (EOR) en 20-70 dollar per ton CO_2 voor opslag zonder EOR. Dat is niet goedkoop, maar het maakt de combinatie 'kolen+CCS' wel een veel goedkopere mitigatieoptie dan de meeste hernieuwbare energietechnieken (Jochem 2004). Men lijkt het er 'in het veld' over eens dat de kosten flink omlaag gaan als de praktijk goed op gang komt en schaal- en leereffecten gaan optreden. Er worden voor 2030 bij kolencentrales bedragen genoemd van 25-50 dollar per ton (Gielen 2003)[6] of nog veel minder.

De kosten van afvang per ton vermeden CO_2 lijken in IGCC-centrales het laagst – zie tekstbox 2 (IEA 2004; Jansen 2005).[7] Dit type centrale is echter nog duur en er is weinig ervaring mee. De investering wordt door de financiële wereld als relatief risicovol beschouwd (Rubin et al. 2004). Bij gascentrales zouden de kosten oplopen tot 30-35 dollar per ton CO_2 (zie ook Hendrik et al. 2004; Senior et al. 2004; Riahi et al. 2004).[8]

De opslagkosten zijn per saldo veruit het laagst bij EOR, doordat vanwege de baten soms zelfs per saldo winst kan worden geboekt.

De prijs van elektriciteit bij nieuwe kolen- en gascentrales zou vooralsnog stijgen met 2-3 dollarcent per kWh, maar in 2030 zou dat alweer gezakt zijn tot 1-2 dollarcent per kWh of minder (zie ook tabel 1).[9]

Tabel 1 **Elektriciteitsprijzen** (in dollars per kWh)

	Aardgascentrale	Poederkoolcentrale	IGCC-centrale
Zonder CCS	0,03 - 0,05	0,04 - 0,05	0,04 - 0,06
Met CCS	0,04 - 0,08	0,06 - 0,10	0,05 - 0,09
Met CCS en EOR	0,04 - 0,07	0,05 - 0,08	0,04 - 0,07

Bron: IPCC 2005: 15

Tekstbox 2 **CCS toegepast bij kolenvergassing**

CCS kan vooral goed worden toegepast in centrales waarin kolenvergassing wordt gebruikt (IGCC-centrales, dat staat voor Integrated Gasification Combined Cycle). Bij de vergassing kan CO_2 worden afgezonderd en wordt 'synthesegas' geproduceerd, een mengsel van CO en waterstofgas waarbij alle vervuiling is geëlimineerd. Die centrales zijn relatief efficiënt[10] en flexibel, want ook

biomassa kan als *feedstock* benut worden in de te bedienen markten. Het synthesegas is een tussenproduct waarmee zowel warmte en elektriciteit kan worden gemaakt alsook kunstmest en andere chemicaliën of synthetische brandstoffen voor het verkeer: een zeer schone diesel (met behulp van de zogeheten Fischer-Tropsch-techniek) of DME (dimethyl-ether). Die brandstoffen kunnen beide benut worden in een gewone dieselmotor (die is met een rendement van 40-45% inherent zuiniger dan de benzinemotor). Met de vergassingstechniek heeft men al decennialang ervaring; ze wordt tegenwoordig steeds vaker toegepast bij het maken van chemicaliën en bij olieraffinage in Zuid-Afrika, de VS, de EU en ook in China.[11]

3 HET MITIGATIEPOTENTIEEL VAN CCS

Het economisch potentieel van CCS is kleiner dan het geologisch potentieel – niet zozeer omdat er dure of controversiële locaties nodig zijn, maar vanwege de afstand tussen opslag- en sommige emissielocaties.[12] Dit economisch potentieel is echter de eerstkomende honderd jaar niet uitgeput (IEA 2004; IPCC 2005).

Het jaarlijks mitigatiepotentieel is beperkt tot de emissie bij grote installaties; de optie is hoofdzakelijk toepasbaar in de sector elektriciteit, dan zou het maximumpotentieel in 2050 4-5 GtC zijn. Dat is alleen haalbaar als álle fossiele centrales in 2050 zijn toegerust met CCS, en dat lukt uiteraard niet op zo'n korte termijn. Voor 2020 zullen er sowieso niet veel nieuwe centrales of andere installaties mee uitgerust worden; men verwacht namelijk dat de CO_2-prijs voorlopig op of nog onder de 25 dollar per ton CO_2 zal blijven, en bij die prijs is CCS nog te duur (Gielen 2003). Toepassing op echt relevante schaal vergt een prijs van 30 dollar per ton CO_2. Dat is naar huidige EU-maatstaven bijna efficiënt.

De Deutsche Bank acht CCS inzetbaar vanaf 2020. Gaat de prijs voor CO_2 eenmaal oplopen, dan zullen oudere centrales sneller worden vervangen en nieuwe geschikt gemaakt worden voor CCS (aanpassing van bestaande centrales lijkt kostbaar). De piek van toepassing zou vallen in de tweede helft van deze eeuw. Daarna lijkt de beurt aan C-neutrale alternatieven. Het IEA meent dat in 2030 1,2 GtC en in 2050 al 2,1 GtC realiseerbaar is.

Tekstbox 3 CCS-investeringen nader uitgewerkt

Als CCS zou worden toegepast bij 800 GW-kolencentrales, of bij 1600 GW-aardgascentrales, dan realiseert men een mitigatie van 1 GtC per jaar.[13] Zou men zo'n 200 *synfuels*-fabrieken bouwen van het type en de omvang van de Sasol-*plants* die nu in Zuid-Afrika in bedrijf zijn, om daarmee uit kolen waterstof te maken waarbij de waterstof elders als brandstof wordt gebruikt, dan is daarmee (mits CCS wordt toegepast) een extra reductie ten opzichte van BAU bereikbaar in de orde van 1 GtC in 2050 (= 14% van de beoogde reductie), aldus Pacala en Socolow (2004).

Er lijkt dus een bijdrage mogelijk van 25-30 procent aan de voor 2050 beoogde halvering van de emissies in vergelijking tot BAU.[14] Deze conclusie wordt door menig auteur gedeeld. Volgens Dooley (2004) kan CCS tot 2100 30 procent van

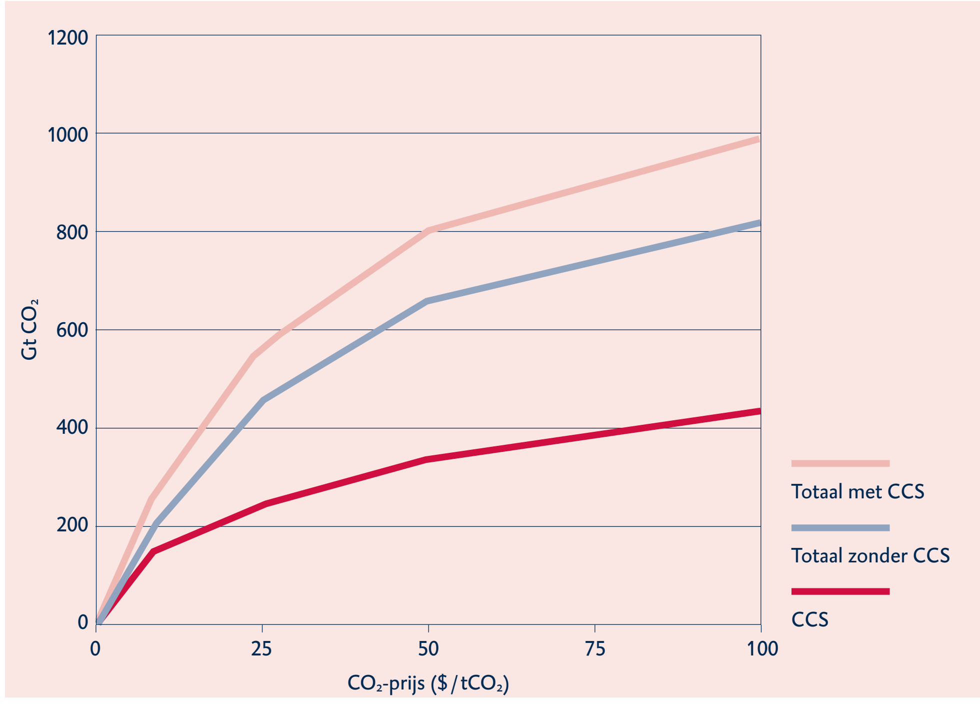
alle kosteneffectieve mitigatie ten opzichte van BAU realiseren. Het IEA komt tot een schatting van 40 procent tot 2050 (zie figuur 1), en het IPCC (2005) houdt het op een economisch potentieel van 15-55 procent van de cumulatieve mondiale mitigatie tot 2100 (60-600 GtC). Riahi et al. (2004) menen dat CCS tot 2025 vooral wordt toegepast in geïndustrialiseerde landen en tegen 2050 ook voor de helft in ontwikkelingslanden.

Dit perspectief is gebaseerd op een start met CCS rond 2020; daartoe zouden vanaf heden bij het bouwen van centrales zo veel mogelijk voorzieningen getroffen moeten worden die het mogelijk maken om te zijner tijd CCS toe te passen.

4 DE BETEKENIS VAN CCS VOOR DE KOSTEN VAN MONDIAAL MITIGATIEBELEID

De kostenschattingen impliceren dat bij grootschalige toepassing van CCS in kolencentrales de kosten van mondiale mitigatie in de jaren na 2020-2025 veel lager uit kunnen komen – rond een derde – dan zonder die toepassing (Kuuskraa et al. 2004). In de IEA-studie (2004a) wordt geschat dat het totale mitigatiepotentieel tot het jaar 2050 bij een marginale CO_2-prijs van bijvoorbeeld 100 dollar per ton in dat jaar, dankzij grootschalige toepassing van CCS, uitkomt op 1000 Gt CO_2 (= 300 GtC). Daarbij zou CCS een aandeel van zo'n 40 procent hebben. Zónder CCS zou het reductiepotentieel bij die prijs 800 Gt CO_2 zijn (zie figuur 1).

Figuur 1 Cumulatieve emissiereductie 2000-2050 als functie van de CO_2-prijs



Bron: IEA 2004a

5 BEOORDELING

CCS kan qua potentieel al in de eerste helft van de 21ste eeuw een belangrijke rol spelen.
Het is een optie die naar alle waarschijnlijkheid essentieel is om de kosten van mitigatiebeleid de komende decennia binnen de perken te houden. De optie is op zich weliswaar niet goedkoop (onder meer ten gevolge van de extra energie die afvang en opslag kost), maar juist de combinatie 'kolen+CCS' is een mitigatieoptie die aanmerkelijk goedkoper is dan de meeste hernieuwbare energietechnieken.

Het wordt vaak als bezwaar gezien dat deze optie een typische *end-of-pipe*-aanpak is die weinig structureel lijkt en ook nog extra energie kost, die bovendien het 'leven' van kolen als energiebron verlengt en wat betreft mitigatie een concurrent is van de opties wind-, zonne- en kernenergie, want al deze opties zijn hoofdzakelijk toepasbaar in de sector elektriciteit. Maar deze bezwaren hebben ook hun voordelen: men hoeft weinig overhoop te halen in het energiesysteem en men kan er dus snel mee beginnen. En omdat het kolen acceptabel houdt in een tijdperk van klimaatbeleid is deze optie erg belangrijk vanuit het oogpunt van energiezekerheid.[15] Het is een illusie te menen dat grote koleneconomieën (een dozijn landen met twee derde van de wereldbevolking) kolen zouden willen opgeven. Het is noodzakelijk acceptabele vormen van kolenexploitatie te vinden. Hoe groter de druk op het gebruik van fossiele brandstoffen, des te harder zal men CCS nodig hebben om de klimaatgevolgen beheersbaar te houden.[16] Het EOP-karakter is overigens moeilijk een serieus bezwaar te noemen. Het CCS-principe impliceert dat uit de aardkorst wordt onttrokken wat men nuttig kan gebruiken (energie belichaamd in kolen, olie en gas), en de rest wordt weer netjes opgeborgen in die aardlagen.[17]

CCS vormt bovendien een goed koppel met vergassingstechnologie en is daardoor geen concurrent van biomassa, integendeel. De combinatie vergassing + CCS maakt vrijwel C-neutrale elektriciteitsopwekking mogelijk, met bovendien de mogelijkheid van bijstook van biomassa.

Vergassingstechnologie is ook een prima wegbereider voor de productie van zeer schone diesels (zie ook bijlage 5 over bio-energie) en/of voor de productie van brandstoffen op basis van biomassa. Vergassing van biomassa maakt in combinatie met CCS een redelijk 'duurzame' productie van waterstof mogelijk die veel goedkoper is dan via gebruik van kernenergie of hernieuwbare energie.

En *last but not least:* de CCS-technologie is, in combinatie met grootschalige toepassing van biomassa in centrales en dergelijke, de enige optie waarbij eerder uitgestoten CO_2 uit de atmosfeer zelf verwijderd kan worden. Een vroegtijdige ontwikkeling van CCS kan dus gezien worden als een vorm van risicoreductie.

Tekstbox 4 CO_2-opslag in Nederland

Shell heeft berekend dat de totale Nederlandse CO_2-emissie van 40 jaar kan worden opgeslagen in kolenlagen, 1 à 2 kilometer diep, in Limburg, de Peel, de Achterhoek en Zeeland. Daarbij kan bovendien ook aardgas gewonnen worden: 60 miljard kubieke meter (bewezen), 194 miljard kubieke meter (waarschijnlijk) en 518 miljard kubieke meter (mogelijk) bij het opslaan van respectievelijk 0,3 Gt CO_2, 1 Gt CO_2 en 2,73 Gt CO_2. De capaciteit in Nederlandse gasvelden wordt geschat op Gt CO_2; er komen meer velden beschikbaar. In de kleine en middelgrote aardgasvelden van ons land kan sowieso al 1,6 Gt CO_2 worden opgeslagen. In waterdragende lagen dieper dan 750 meter zou een capaciteit zijn van 1-40 Gt CO_2 afhankelijk van eisen die men stelt. De kosten worden geschat op 20-40 euro per ton CO_2, en in Zuid-Limburg op 50-55 euro per ton CO_2. Gaz de France voert een project uit op het Nederlands deel van het continentaal plat. Daar komen de kosten op 20-30 euro per ton CO_2, de baten van extra aardgaswinning niet meegerekend.

(Schreurs 2001; Roggen 2004; Shell-Venster 2004)

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Akimoto, K. et al. (2004) *Role of CO_2-sequestration by country for global warming mitigation after 2013*, in: E.S. Rubin, D.W. Keith en C.F. Gilboy (eds.) *Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Volume 1: Peer-Reviewed Papers and Plenary Presentations*, IEA Greenhouse Gas Programme, Cheltenham, UK, 2004; www.uregina.ca/ghgt7/PDF/papers/peer/203.pdf.

Anderson, S.T. en R.G. Newell (2004) Prospects for Carbon Capture and Storage Technologies, *Annual Review of Environment and Resources* 29: 109-142.

Bauer, N., O. Edenhofer, H. Held en E. Kriegler (2004) *Uncertainty of the Role of Carbon Capture And Sequestration Within Climate Change Mitigation Strategies,* in: E.S. Rubin, D.W. Keith en C.F. Gilboy (eds.) *Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Volume 1: Peer-Reviewed Papers and Plenary Presentations*, IEA Greenhouse Gas Programme, Cheltenham, UK; www.uregina.ca/ghgt7/PDF/papers/peer/120.pdf.

Benson, S.M. (2005) Carbon Dioxide Capture and Storage in Underground Geologic Formations, *Proceedings Workshop 'the 10-50 Solution'*, Pew Center on Global Climate Change and the National Commission on Energy Policy, www.pewclimate.org/docUploads/10-50_Benson.pdf.

Bronske, K. en F. Viteri (2003) *Power generation with 100%. carbon capture and sequestration*, Alexandria, www.carbonsq.com/pdf/4D3.pdf.

Burruss, R.C. (2005) *Geological Sequestration of Carbon Dioxide in the Next 10 to 50 Years. An Energy Resource Perspective*, www.pewclimate.org/document.cfm?documentID=381.

Celik, F., E.D. Larson en R.H. Williams (2004) Transportation fuel from coal with low CO_2 emissions, in: *Proceedings of the 7th International Conference on Greenhouse Control Technologies*. Vancouver, BC, Canada.

CIAB/IEA (2005) *Reducing Greenhouse Gas Emissions. The Potential of Coal*, Parijs.

Coninck, H.C. de, J.W. Dijkstra, D. Jansen, P. Lako (2005) *Klimaatneutrale Elektriciteit en de MEP – een verkenning naar de onrendabele top van elektriciteit met CO_2-afvang en -opslag*, ECN-C—05-033.

Davis, J. (2005) *Gasification and Capture and Storage: the Path Forward,* www.pewclimate.org/document.cfm?documentID=383.

Dooley, J.J. (2004) *Carbon Capture and Sequestration as a Means for Managing Carbon Dioxide Emissions*, IEA, www.iea.org/Textbase/work/2004/ zets/conference/presentations/dooley.pdf.

Drenckhahn, W., K. Riedle en P. Klüsener (2004) Wege zum CO_2-emissionsfreien fossilbefeuerten Kraftwerk, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 54, 1/2.

Edmonds, J.A., Climate Change and Energy Technologies (2004) *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 9: 391-416.

European Communities (2004) CO_2 *Capture and Storage Projects*, Luxembourg.

Gielen, D. (2003a) *The energy policy consequences of future CO2 capture and sequestration technologies*, IEA, www.resourcemodels.org/pap060503.pdf.

Gielen, D. (2003b) *The Future Role of CO2 Capture and Storage,* IEA/EET Working Paper. Parijs, library.iea.org.

Gielen, D. en J. Podkanski (2004) *The Future Role of CO_2 Capture in the Electricity Sector*, IEA, Parijs.

Hawkins, D.G. (2005) *Coal and Global Warming*, Submission to Senate Energy Committee.

Hendriks, C., W. Graus en W. van Bergen (2004) *Global Carbon Dioxide Storage. Potential and Costs*, www.ecofys.com/com/publications/ documents/GlobalCarbonDioxideStorage.pdf.

Herzog, H.J. en D. Golomb (2004) Carbon Capture and Storage from Fossil Fuel Use, in: C.J. Cleveland (ed.) *Encyclopedia of Energy*, 277-287, New York: Elsevier.

IEA (2004a) *The Prospects for CO_2 Capture and Storage*, Paris.

IEA (2004b) Working Party on Fossil Fuels/Coal Industry Advisory Board, *Road Mapping Coal's Future – Zero Emissions Technologies for Fossil Fuels*, Paris.

IPCC (2005) *Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*, Summary for Policy Makers and Technical Summary, www.ipcc.ch.

Jansen, D. (2005) Technologies and possibilities for CO_2 Capture & Storage, ECN-RX-05-071, www.ecn.nl/library/reports/2005/rx05071.html.

Jochem, E. (2004) *Weltweite Perspektiven der Kohle – Klimabedrohung oder Entwarnung?*, www.cepe.ch/staff/eberhard.htm, München.

Kallbekken, S. en A. Torvanger (2004) *Can geological carbon storage be competitive?* CICERO Working Paper 05, www.accstrategy.org/prospectus.html.

Kolshus, H.H. (2001) *Carbon Sequestration in Sinks. An overview of potential and costs*, CICERO Working Paper 2001-11, Oslo.

Kuuskraa, V., Ph. Dipietro, S. Klara en S. Forbes (2004) *Future U.S. greenhouse gas emission reduction scenarios consistent with atmospheric stabilization of concentrations*, www.uregina.ca/ghgt7/PDF/papers/nonpeer/506.pdf.

Lackner, K.S. (2003) A Guide to Sequestration. *Science* Vol 300, 13 June 2003: 1677-1678

Lako, P. (2004) *Coal-fired power technologies*, ECN-C—04-076

Markewitz, P., D. Martinsen en S. Vögele (2004) *The future role of CO -capture as part of a German mitigation strategy*, www.uregina.ca/ghgt7/PDF/ ghgt7_programme_web.pdf.

Matysek, A., M. Ford, G. Jakeman, R. Curtotti en K. Schneider (2005) *Near zero emissions technologies*, Canberra: Abare.

McFarland, J.R., H.J. Herzog en H.D. Jacoby (2004) *The future of coal in a carbon constrained world*, www.carbonsq.com/pdf/3D1.pdf.

Obersteiner, M., C. Azar, K. Möllersten en K. Riahi (2002) *Biomass Energy, Carbon Removal. and Permanent Sequestration. A 'Real Option' for Managing Climate Risk*, IIASA Interim Report IR-02-042, Laxenburg, www.iiasa.ac.at/Publications/ Documents/IR-02-042.pdf.

Ohsumi, T. (2002) *Ocean Storage, including costs and risks,* arch.rivm.nl/env/int/ipcc/docs/css2002/ccs02-05.pdf.

Ormerod, W.G., P. Freund en A. Smith (1999) *Ocean Storage of* CO_2, IEA, Parijs.

Pacala, S. en R. Socolow (2004) Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies, *Science*, 305, 5686: 968-972.

Pflüger, A. (2004) *Making the Case for Zero Emissions Technologies. World Energy Demand, the Role of Fossil Fuels and the Need for ZETs*, www.iea.org/Textbase/ work/2004/zets/conference/presentations/pfluger.pdf.

Philibert, C. en J. Podkanski (2005) *Clean Coal Technologies*, Case Study 4 van International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation, OECD/IEA, Paris, www.oecd.org/dataoecd/22/38/34878689.pdf.

Rhodes, J.S. en D.W. Keith. (2003) Biomass Energy with geological sequestration of CO_2: two for the price of one? 1371-1376, in: J. Gale en Y. Kaya (eds) *Proceedings of the 6th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies*, Oxford UK: Pergamon.

Riahi, K., E.S. Rubin, M.R. Taylor, L. Schrattenholzer en D. Hounshell (2004) Technological learning for carbon capture and sequestration technologies, *Energy Economics* 26: 539-564.

Roggen, M. (2004) Opslag CO_2 technisch haalbaar, *Energietechniek* 7/8: 38-42.

Rubin, E.S., A.B. Rao en C. Chen (2004) Comparative assessments of fossil fuel power plants with CO_2 capture and storage, in: E.S. Rubin, D.W. Keith and C.F. Gilboy (eds.) *Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Volume 1: Peer-Reviewed Papers and Plenary Presentations*, IEA Greenhouse Gas Programme, Cheltenham, UK.

Schreurs, H.C.E. (2001) *Potential for geological storage of CO_2 in the Netherlands,* www.novem.nl/default.asp?documentId=15376.

Scientific Committee on Oceanic Research, *Watching Brief: Ocean Carbon Sequestration*, Intergovernmental Oceanographic Commission UNESCO, oc.unesco.org/iocweb/co2panel/sequestration.htm

Senior, B., J. Adams, T. Espie en I. Wright, 'Investigation of how Capture and Storage could Evolve As A Large Scale CO_2 Mitigation Option', in: E.S. Rubin, D.W. Keith en C.F. Gilboy (eds.) *Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Volume 1: Peer-Reviewed Papers and Plenary Presentations*, IEA Greenhouse Gas Programme, www.uregina.ca/ghgt7/PDF/papers/peer/462.pdf, Cheltenham.

Shell-Venster (2004) 'CO_2 opbergen en tegelijk gas van steenkoollagen produceren, maart/april.

Simbeck, D. (2004) CO_2 *Capture Economics*, www.pewclimate.org/document.cfm?documentID=401.

Socolow, R.H. (2002) *The Century-Long Challenge of fossil-carbon Sequestration*, Princeton Environmental Institute, www.princeton.edu/~cmi/research/Integration/Papers/century-long.pdf.

Socolow, R.H. (2005) Can We Bury Global Warming? *Scientific American,* July: 39-45.

Uil, H. den, R. van Ree, A. van der Drift en H. Boerrigter (2004) *Duurzaam synthesegas: Een brug naar een duurzame energie- en grondstoffenvoorziening,* ECN, www.ecn.nl/library/reports/2004/c04015.html.

Williams, R.H. (2004a) *Coal and Renewables in an Externality-Constrained Energy Economy: Competitive and Cooperative Strategies*, Princeton University, www. nrel.gov/ncpv/thin_film/ docs/coal_wind_biomass_storage_options.pdf.

Williams, R.H. (2004b) *Crude Oil, Climate Change, Coal, Cane and Cars,* www.nrel. gov/ncpv/thin_film/docs/ coal_biomass_williams_2004_negative_co2.pdf.

Williams, R.H. (2001) Toward zero emissions from coal in China, *Energy for Sustainable Development*, 4: 39-65.

Wise, M. en J. Dooley (2004) *Modeling CO_2 Capture Efficiency: Implications of Alternative Specifications*, GTSP Working Paper 2004-11, www.pnl.gov/gtsp/docs/gtsp_2004_11_capture_efficiency.pdf.

NOTEN

1 Bij ammonia- en waterstofproductie is afvang geïntegreerd, dus zijn er weinig extra kosten (Herzog en Golomb 2004).
2 Afvang kan ook na verbranding uit rookgassen via chemische absorptie of membranen. Dat is duurder.
3 14-20 procent meer energiegebruik; dalend naar 7-17 procent in 2012 (IEA 2004).
4 Ook pilotprojecten voor 'enhanced coal bed methane' zijn bemoedigend. Een proef in Polen liet zien dat winning van methaan uit kolenmijnen via injectie mogelijk is, maar wel duur: 50 euro per ton CO_2. In Canada is het EOR-project 'Weyburn' succesvol gebleken: de olieopbrengst verdubbelde.
5 Zie ook Matysek et al. (2005). Hendriks et al. (2004) komen op 1662 Gton CO_2: 93 GtC O2 in uitgeputte olievelden en 150 in bestaande olievelden; 240 in uitgeputte gasvelden, 672 in bestaande; 268 koolbed-methaan; 240 in aquifers.
6 Jansen (2005) geeft voor Nederland op: 10-55 euro; de marginale kosten liggen over een lang traject tussen 25-40 euro.
7 Bij nieuwe IGCC-centrales zijn de investeringskosten, ook met CCS, het laagst en de elektriciteitskosten zijn dan zelfs concurrerend in vergelijking tot sommige andere typen centrales zonder CCS. Maar bij hoge gasprijzen en lagere capaciteitsfactoren wordt IGCC toch goedkoper. IGCC-centrales geven in de OESO tot 20 procent hogere elektriciteitskosten dan de oude kolencentrales. In China zou zo'n centrale 30 procent duurder zijn dan een poederkoolcentrale, daar wordt voorlopig alleen gewerkt aan een demonstratiecentrale.
8 Voor lagere schattingen, mede onder invloed van innovaties, zie bijvoorbeeld Anderson en Newell 2004, ook Matysek et al. 2005: 13-14. Gedacht wordt aan 10 dollar per ton CO_2 bij IGCC-centrales en 20-30 dollar bij andere centrales. De kostprijs van elektriciteit bij een IGCC-centrale + CCS zou gaan naar 0,063 dollar per kWh. Dat zou bij een CO_2-prijs van 55 dollar per ton CO_2 concurrerend zijn met de kostprijs van een NGCC-centrale zonder CCS; gerekend is met een aardgasprijs van 6 dollar per GJ.
9 ECN (De Coninck et al. 2005) komt voor toepassing CCS bij kolen op een onrendabele top voor Nederland van enkele centen per kWh, afhankelijk van de brandstofprijs, de grootte van centrale, afstand, enzovoort.
10 Demonstratietypen hebben een rendement van 42 procent, dat zou toenemen tot boven 50 procent (het rendement in conventionele kolengestookte centrales is 30-35%). Moderne gasgestookte centrales naderen ook 50 procent rendement (IEA 2004).
11 In 2004: 61 GW in 2004, waarvan 24 GW voor chemie, 23 GW voor elektriciteit, 14 GW voor *synfuels. Feedstock:* 27 GW olieresiduen; 27 GW kolen; 6 GW aardgas; 1 GW biomassa. Uitbouwcapaciteit: 9 GW in China, 10 GW in Noord-Amerika, 19 GW in West-Europa, 23 GW in de rest van de wereld.
12 In Rusland ligt bijvoorbeeld een groot deel van mondiale voorraden gas, olie en kolen (respectievelijk 40%, 12% en 16%), maar 80 procent van de kolenbronnen bevindt zich in het westen en oosten van Siberië, ver van consumptiegebieden.

13 Beide in de basislast, rekening houdend met een afvang van 85 procent en met extra energie benodigd voor CCS.

14 Zie Gielen en Podkanski (2004), een studie naar de keuze van een optimale opwekkingstechniek onder bepaalde beperkingen vanwege energie- en milieubeleid en concurrentie van *renewables* en energie-efficiëntie.

15 Daar komt bij dat de optie vooral bruikbaar is in combinatie met vergassingstechnologie en die laatste technologie maakt het energiesysteem flexibeler wat betreft de te produceren eindenergievormen.

16 Piebalgs: "The Commission sets the priorities for energy R&D, as: CO_2 capture and storage technologies, and clean coal technologies. Our ability to convince the developing world to address climate change will depend on our ability to demonstrate that technology exists and can be developed that will control emissions without significantly restraining growth. Given the indigenous energy resources of China and India, capture and storage and clean coal must inevitably form a central part of the answer to this challenge."

17 In vergelijking daarmee is de optie 'opslag in bos' eigenlijk veel minder structureel, want bossen kunnen elk moment weer gekapt worden.

BIJLAGE 4: WINDENERGIE

1 INLEIDING

Windmolens kunnen elektriciteit leveren zonder uitstoot van CO_2.[1] Deze optie zou relevant kunnen worden, ook al is ze alleen inzetbaar voor de opwekking van elektriciteit indien 'wind' een significant aandeel in de opwekking van elektriciteit kan leveren tegen acceptabele kosten per eenheid vermeden CO_2 in vergelijking met andere opties. Hierover woedt een heftig debat,[2] mede onder invloed van ervaringen in Denemarken[3] en Noord-Duitsland, waar het aantal windmolens recentelijk sterk is toegenomen. Belangrijke kwesties zijn de betrouwbaarheid van elektriciteitsleverantie (het waait lang niet altijd, en soms juist veel te hard), de mate waarin windenergie bijdraagt aan CO_2-mitigatie alsmede de kosten (windenergie kost de staat veel geld; mede daardoor is zij vooral een verschijnsel in landen van de OESO) en de landschappelijke effecten.

2 HET MITIGATIEPOTENTIEEL VAN WINDENERGIE

Het mitigatiepotentieel van windenergie wordt met name bepaald door de mate waarin molens fossiele centrales kunnen vervangen en de mate waarin de dan nog resterende fossiele centrales per kWh *extra* CO_2 uitstoten, om de gevolgen van de instabiele bijdrage van wind op te kunnen vangen.

2.1 GRENZEN AAN DE UITBREIDING OP LAND

Een groot aandeel 'wind' vergt zeer veel windmolens (elk met een hoogte tot 150 meter, wieken meegerekend; de dom te Keulen is 157 meter) en veel ruimte.[4] De landschappelijke effecten daarvan zijn zo groot dat plaatsing op land op veel maatschappelijk verzet stuit. In Nederland wordt maximaal 1500 MW op het land plaatsbaar geacht. Daarvoor zijn 1500 molens van 1 MW of 750 van 2 MW nodig, waarmee – bij een *load factor* van 20 procent, zie hierna – een jaarproductie geleverd kan worden vergelijkbaar met die van één centrale van 300 MW, oftewel 3 procent van de gevraagde elektriciteit in 2020, dat is 1 procent van de primaire energievoorziening in ons land (zie ook tekstbox 1). De mitigatiebijdrage van windenergie zal daarom hoofdzakelijk moeten komen van windmolenparken op zee.

Tekstbox 1 Windenergie: enkele gegevens

Windenergie heeft de laatste decennia een forse groei doorgemaakt, vooral in Denemarken, Duitsland en recenter ook Spanje. De techniek voorziet tegenwoordig in ruim 1 procent van de mondiale elektriciteitsbehoefte en leidt tot een besparing van een 0,25 procent van het mondiale primaire brandstofverbruik. Nederland had tot voor kort het voornemen in 2020 6000 MW op zee en 1500 MW op land geplaatst te hebben.

2.2 IN WELKE MATE KAN WINDENERGIE FOSSIELE CENTRALES VERVANGEN?

De productie van windelektriciteit vertoont heftige fluctuaties – per dag, per week, per seizoen – veel meer nog dan de wind zelf. Vaak waait het niet of nauwelijks. Bij windkracht 3 tot 4 begint een molen een beetje stroom op te wekken. Bij toenemende wind neemt de elektriciteitsproductie meer dan evenredig toe, met de 'macht drie'. Bij windkracht 10 of meer worden de molens stilgezet, om overbelasting van de turbine te voorkomen. Hierdoor ligt het effectief vermogen per jaar ver onder het geïnstalleerd vermogen van de windturbines. Deze zogeheten *load factor* ligt in Europa op land op zo'n 20 procent van het opgesteld vermogen. In Nederland is dat, afhankelijk van de standplaats, 18-25 procent. Voor wind op zee, waarmee nog nauwelijks ervaring is opgedaan, hoopt men op 30 procent of meer (zie ook tekstbox 2).[5]

Tekstbox 2 Spreiding van windenergie?

Bij een sterkere geografische spreiding van windmolens kunnen fluctuaties in wind elkaar tot op zekere hoogte compenseren. Dan zou de behoefte aan reservecapaciteit lager zijn. Maar er zijn niet zo heel veel echt goede locaties voor windmolens.
Het waait gemiddeld meer op zee dan op land, en meer in de kustgebieden dan landinwaarts. De gebieden met een groot aanbod van wind zijn geconcentreerd op specifieke plekken. In landen als Groot-Brittannië en Ierland zijn de windpatronen relatief uniform; dat geldt ook voor Scandinavië en Noord-Duitsland. Voor het compenseren van fluctuaties zou de elektriciteit daarom van erg ver moeten komen. De capaciteit van de hoofdkabels die de nationale netten verbinden is echter nu al overbelast. En naarmate in elk van die landen het aandeel van wind groter wordt, komen de problemen weer terug; men moet rekening houden met vergelijkbare windkracht over grote gebieden.

Dat effectief vermogen is een gemiddelde. Windparken in Europa draaien twee derde van het jaar onder die 20 procent en een derde van het jaar onder de 10 procent (UCTE 2005).[6] In perioden met een hoge energievraag (koude- of hittegolf) is er vaak weinig wind. Om een tekortschietend aanbod op piekuren of uitval van hele windmolenparken (bij windkracht 3 of lager) op te kunnen vangen, moet er betrouwbare reservecapaciteit achter de hand zijn.
Om de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening te kunnen blijven garanderen, wordt in de literatuur ten eerste als vuistregel aangehouden dat – zolang er geen geschikte vorm van opslag van elektrische energie is gevonden, zie tekstbox 3 – het aandeel van windenergie in het elektriciteitssysteem niet boven 20-25 procent kan uitstijgen. Regionaal kan dat uiteraard meer zijn, zolang er voldoende beroep gedaan kan worden op import/export van elektriciteit van/naar omliggende gebieden (vergelijk Denemarken in de regio Scandinavië/Noord-Duitsland).

Tekstbox 3 Opslag van opgewekte elektriciteit?

Voor opslag van met wind opgewekte energie circuleren enkele mogelijkheden: opslag van elektriciteit in batterijen; productie en ondergrondse opslag van gecomprimeerde lucht of verzadigde stoom; het pompen van water in bekkens om op een geschikt moment waterkracht te produceren; het produceren van waterstof om naderhand daarmee weer elektriciteit te produceren. Al deze opties gaan gepaard met conversieverliezen en extra kosten. De eerste drie hebben beperkte capaciteit, en grootschalige efficiënte toepassing van waterstof is vooralsnog toekomstmuziek.

In welke mate kan een dergelijk aandeel van 'wind' fossiele centrales verdringen? Slechts een deel van het gemiddeld effectief windvermogen telt mee bij de capaciteit die men in het gehele systeem in tijden van piekvraag beschikbaar moet hebben. Dit deel is kleiner naarmate het aandeel van wind in de totale elektriciteitsproductie groter is, want dan nemen de potentiële schommelingen in het systeem toe (het aandeel van conventionele centrales is dan immers navenant kleiner). Een kleiner deel van het effectief vermogen kan dan als 'zeker' beschouwd worden.[7]

Tegen deze achtergrond wordt vervolgens in de verschillende studies de benodigde reservecapaciteit bij een gegeven penetratie van wind verschillend berekend. De CPB-studie komt voor 2020, bij een aandeel van wind van circa 15 procent op een capaciteitsfactor rond de 20 procent van het geïnstalleerd vermogen.[8] De recente, in Duitsland gezaghebbende DENA-studie (2005) concludeert dat de in Duitsland beoogde uitbouw van windenergie uitkomt op slechts 6 procent. Per 6000 MW kan dan één kolencentrale van 360 MW wegvallen. Soens (2005) concludeert in zijn dissertatie dat in België de capaciteitsfactor bij een geïnstalleerd vermogen van 5000 MW zou dalen tot onder de 10 procent. Voss (2003) spreekt over een 'capaciteitskrediet' van 10-13 procent van de geïnstalleerde *onshore*-windmolencapaciteit en 16-20 procent van de *offshore*-capaciteit. De conclusie moet zijn dat windmolenparken fossiele centrales slechts met een fractie van het geïnstalleerd vermogen kunnen vervangen, en die fractie neemt af naarmate het aandeel van wind toeneemt (zie onder meer Schultz et al. 2004; UCTE 2005; Soens 2005; White 2004; Liu et al. 2005; Pitt et al. 2005; Ilex Energy Consulting 2002; E-ON 2004; Alt 2005; Eirgrid 2004; Royal Academy of Engineering 2004; Verrips et al. 2005).

De conclusie is (a) dat het potentieel van wind de komende decennia beperkt is tot zo'n 20 procent van de op te wekken elektriciteit; dat is 6-7 procent van de primaire energievoorziening; en (b) dat de mate waarin daarmee fossiele energiecentrales worden vervangen, daar nog belangrijk onder blijft.

2.3 HET MITIGATIEPOTENTIEEL VAN WINDENERGIE

Als het aandeel van windenergie beperkt moet blijven tot hooguit 20-25 procent van de elektriciteit, dan is dat ook het maximum voor de bijdrage aan de CO_2-reductie in de elektriciteitssector. Dat komt neer op maximaal 6-7 procent van de

totale CO_2-emissie, want elektriciteit heeft tegenwoordig in de EU een aandeel in de CO_2-emissies van rond 33 procent (mondiaal 40%). Dit bescheiden potentieel wordt nog minder (zie de eerder in deze paragraaf aangehaalde literatuur)[9] als men rekening houdt met (a) het fossiele brandstofverbruik in de conventionele, draaiende 'stand-by-reserve'; (b) de extra CO_2-uitstoot per kWh die ontstaat door de inefficiëntie waarmee compenserende elektriciteitsopwekking nodig is; en (c) het verlies van een deel van de opgewekte windelektriciteit tijdens het transport, want goede windlocaties zijn meestal ver verwijderd van de eindbestemmingen. Ook is van belang op te merken dat de bijdrage van elk extra windpark aan de beperking van de CO_2-uitstoot afneemt naarmate de elektriciteit die in het resterende park van kolen- en gascentrales wordt opgewekt, inmiddels minder koolstofintensief is geworden dankzij hogere efficiëntie (zie bijlage 2), door bijstoken van biomassa en dergelijke (Schultz et al. 2004; Kennedy 2005). En dat het resterend park efficiënter wordt, is voor een effectief klimaatbeleid een *conditio sine qua non* gezien de omvang van de mitigatie-uitdaging (zie hoofdstuk 4). Al met al zal het mitigatiepotentieel van windenergie de komende decennia eerder onder dan boven 5 procent van de jaarlijkse CO_2-emissie zijn.

3 DE KOSTENEFFECTIVITEIT VAN CO_2-MITIGATIE VIA WINDENERGIE

3.1 UITEENLOPENDE SCHATTINGEN VAN DE ELEKTRICITEIT OPGEWEKT MET WINDMOLENS

De kosten(schattingen) per kWh van windelektriciteit lopen sterk uiteen. De ene bron geeft 5-6 eurocent per kWh op een goede kustlocatie en landinwaarts tot 8 eurocent; de andere 9-12 eurocent per kWh. Maar er zijn ook schattingen tot 3-4 eurocent per kWh, bijna gelijk aan de kostprijs van conventioneel opgewekte elektriciteit (zie tekstbox 4). Die verschillen komen vooral door (a) de grote verschillen tussen locaties qua windaanbod en afstand tot de centra van elektriciteitsgebruik; goede locaties zijn er in bepaalde delen van de zeeën, de kuststroken, de Great Plains (VS) en dergelijke; en (b) het verschil in investeringskosten op land in vergelijking tot de zee.[10]

Tekstbox 4 Actuele cijfers over de kosten van windenergie

In Nederland bedraagt volgens de overheid (lees het ECN) de kostprijs op land 9-10 cent en op zee 12 cent per kWh (Kooijman en Van Sambeek 2003).[11] In Duitsland wordt 6-9 cent per kWh aan steun betaald voor *onshore* en 9c per kWh *offland* (Alt 2005). In Engeland wordt gesproken over *onshore* 5,5 eurocent per kWh en *offshore* 8,2 per kWh (Royal Academy of Engineering 2004); inclusief de systeemkosten 8,1 respectievelijk 10,8. De cijfers voor *offshore* zouden in Engeland hoger zijn: 12 eurocent per kWh. Het IEA noemt tussen 3,5 en 6 dollarcent per kWh, maar wijst erop dat ook 9,5 dollarcent per MWh mogelijk is. Voss (2003) noemt 8-13 cent per kWh exclusief systeemkosten. In de studie van EWI/RWI wordt 9 cent per kWh opgegeven.
Ter vergelijking: in aardgascentrales is de kostprijs voor elektriciteit 3 cent per kWh.

Hieruit blijkt dat windelektriciteit vanaf de meeste locaties vooralsnog bepaald niet goedkoop is.[12]

3.2 EXTERNE KOSTEN VOOR MILIEU, NATUUR EN LANDSCHAP

Voor een beoordeling van de kosten van windenergie zijn ook de externe kosten van zowel conventionele als windenergie van belang. De externe kosten van fossiele elektriciteit door emissies waaronder CO_2 zijn voor de huidige generatie kolencentrales in Nederland (zonder CCS) berekend op 3 tot 4 eurocent per kWh,[13] maar dat zou bij moderne centrales uiteraard veel lager uitvallen. Bij windenergie zijn er nauwelijks emissies, maar wel aanzienlijke hinder- en landschapseffecten waarvoor geen aanvaarde kostenramingen zijn en die wel het potentieel op land zeer beperkt maken.

3.3 DE TE VERWACHTEN KOSTENDALING ONDER INVLOED VAN SCHAAL- EN LEEREFFECTEN

De prijs van windturbines daalde van 1400 euro per kWh in 1990 naar 830 euro in 2004. Een groot deel van die daling deed zich voor in periode 1990-1994, en er is al een aantal jaren een vertraging te zien in de kostendaling per eenheid (Alt 2005). De leer- en schaaleffecten lopen voor de verschillende componenten van de kostprijs uiteen. De aerodynamica en turbinetechniek zouden inmiddels vrijwel uitontwikkeld zijn. Ook komt er een eind aan de mogelijkheid grotere windmolens te bouwen. Of men van de overige kosten (montage, civiele techniek op zee, kabelnetten) langdurig belangrijke kostenreducties mag verwachten, lijkt betwistbaar.[14] Hoewel er ongetwijfeld kostendalingen door leer- en schaaleffecten zijn te verwachten, zal dat niet in dalend tempo gaan.[15] Daar staat tegenover dat er op land weinig goede locaties wat betreft windaanbod en maatschappelijk draagvlak resteren, waardoor men voor uitbouw van windenergie is aangewezen op de relatief dure *offshore*-locaties. Bovendien stijgen bij een toenemend aandeel van wind ook de systeemkosten (zie paragraaf 2 en 3.4). Overigens moet de te verwachten kostenontwikkeling bij wind worden vergeleken met die bij andere mitigatieopties.

3.4 DE TOENEMENDE SYSTEEMKOSTEN BIJ EEN SIGNIFICANT AANDEEL VAN WIND

In veel publicaties wordt niet of nauwelijks rekening gehouden met systeemkosten, die wanneer windenergie een substantieel aandeel begint te krijgen, aan windenergie moeten worden toegerekend.[16] De afgelopen jaren is duidelijk geworden dat deze kosten substantieel zijn (White 2004; Strbac 2004; Royal Academy of Engineering 2004; Liu et al. 2005, Beckman 2005; Ilex Energy Consulting 2002; Liik et al. 2005; Schultz et al. 2004). Het gaat om de volgende kostenposten.

Ten eerste de kapitaalslasten van (a) extra netinfrastructuur (goede locaties voor windparken liggen vaak ver van gebruikscentra; er moet dan extra infrastructuur worden aangelegd voor transport van elektriciteit) en (b) het aanhouden van conventionele reservecapaciteit (zie paragraaf 2).

Ten tweede gaat het om extra variabele kosten die elders in het systeem gemaakt moeten worden. In het elektriciteitsnet moet het energieaanbod van seconde tot seconde exact zijn afgestemd op de vraag. De schommelingen van wind (per minuut, uur en etmaal), die bovendien lastig te voorspellen zijn, vergen dat een deel van de reservecapaciteit op afroep beschikbaar moet zijn om direct de rol van wind te kunnen overnemen. Deze *spinning reserve* betekent draaiende fossiele centrales. Omgekeerd, als het aanbod van windelektriciteit juist toeneemt op momenten dat de vraag daarbij achterblijft of afneemt, moeten de gewone centrales op een lager pitje gaan draaien, want netbeheerders zijn verplicht om windelektriciteit af te nemen, en opslag van elektriciteit is niet mogelijk (zie tekstbox 3). Dit alles leidt zowel tot variabele kosten voor het gedeeltelijk draaiend houden van de reservecapaciteit (de *spinning reserve*) als tot extra kosten verbonden aan het geringere rendement van de back-upcapaciteit doordat die met wisselend vermogen[17] moet draaien.
Voor deze systeemkosten worden in de hier geraadpleegde literatuur bedragen genoemd van 0,3-0,4 cent tot 2,4 eurocent per kWh.

3.5 DE LAGE KOSTENEFFECTIVITEIT VAN MITIGATIE MET BEHULP VAN WINDENERGIE

De voorgaande paragrafen leiden tot de conclusie dat de kostprijs van windenergie per kWh vooralsnog een factor 1,5-3 zo hoog is als de gemiddelde kostprijs via conventionele centrales. De optie wind wordt dan ook tot op heden alleen gekozen bij de gratie van een zeer forse specifieke ondersteuning door overheden (zie onder anderen Michaelowa 2005; Brandt en Svendsen 2004; Schultz et al. 2004). Een aanzienlijk hogere olieprijs zorgt uiteraard voor een ander beeld, maar daarvan zullen ook andere opties voor mitigatie in de sector elektriciteit profiteren, zoals moderne kolencentrales inclusief CCS, de inzet van gas, biomassa en/of kernenergie.

Gezien de verschillen in berekende kosten van windenergie worden ook de kosten per ton vermeden CO_2 verschillend ingeschat. Maar de cijfers en de schattingen voor de komende decennia geven geen aanleiding tot groot optimisme,[18] te meer omdat die kosteneffectiviteit onder druk komt te staan als wind in de plaats komt van centrales met een hoger energetisch rendement en/of meer gebruik van gas en biomassa (zie paragraaf 2.2).

Deze geforceerde uitbouw van wind levert weliswaar mitigatie in de elektriciteitsopwekking op (in afnemende mate, want als verouderde centrales vervangen zijn, verdringt wind vooral relatief efficiënte centrales),[19] maar tegelijk blijven veel goedkopere mogelijkheden in andere sectoren en landen onbenut. Die goed-

kopere mogelijkheden komen ooit ook aan de beurt, en daarom is deze geforceerde uitbouw van wind vanuit de optiek van het mitigatiebeleid weggegooid geld (Schultz et al. 2004; Wissenschaftlichen Beirat 2004; Verrips et al. 2005; Beckman 2005).[20] Het CPB schat dat de Nederlandse plannen voor het bouwen van 6000 MW aan windmolens in zee 3,4-6 miljard euro meer kosten dan opleveren, rekening houdend met indirecte effecten zoals milieuwinst.[21]

4 BEOORDELING

Anno 2006 kan windenergie moeilijk gezien worden als een voor de komende 30-40 jaar veelbelovende mitigatieoptie. Het maximale mondiale potentieel is relatief gering, ten gevolge van het fluctuerend windaanbod en de eisen die in de moderne samenleving aan de betrouwbaarheid van het elektriciteitssysteem worden gesteld. Van het beperkte potentieel zal, omdat wind een dure optie is, hooguit een klein deel benut gaan worden, voornamelijk in rijke landen. Plaatsing van molens op land roept veel verzet op. Een significante inzet van windenergie zal het moeten hebben van relatief dure windparken op zee en gaat bovendien gepaard met toenemende systeemkosten waaronder het investeren in de benodigde conventionele reservecapaciteit.

Windenergie scoort niet goed wat betreft synergie met andere opties. Integendeel: het mitigatiepotentieel en de kosteneffectiviteit ondervinden negatieve effecten van toenemende efficiëntie en afnemende koolstofintensiteit in het conventionele park. Wel heeft een groter aandeel wind een gunstig effect op de energiezekerheid. De betekenis daarvan is echter beperkt: de huidige afhankelijkheid van olie treft vooral de transportsector en die heeft weinig aan windenergie; de overige fossiele brandstoffen raken in geen eeuwen uitgeput. De bestrijding van overige vormen van luchtverontreiniging blijkt met *end-of-pipe*-voorzieningen zeer succesvol, en dat tegen veel lagere kosten dan windenergie en dergelijke.

De kans dat men met wind een ‘winner’ heeft geselecteerd, lijkt dan ook gering (ook al kan windenergie op kleinere schaal, in bijzondere situaties – bijvoorbeeld in afgelegen gebieden waar geen netinfrastructuur is – een zeer nuttige functie vervullen).[22] Het besluit om nu reeds tegen hoge kosten te investeren in grootschalige toepassing van wind lijkt een voorbeeld van overhaaste *technology push* (Bower 2003; Keay 2005; Verrips et al. 2005: 16). Andere opties, zoals efficiëntere conventionele centrales, toepassing daarin van CCS, een toenemend aandeel van gas en/of kernenergie; gebruik van cellulosehoudende biomassa, het tegengaan ontbossing en de reductie van methaan (zie paragraaf 3 en de overige bijlagen) hebben een groter potentieel en lijken minder kostbaar.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Alt, H. (2005) The economics of wind energy within the generation mix, *International Journal of Energy Technology and Policy* 3, 1/2: 158-182, www.countryguardian.net.

Auer, H. (2004) *Modeling system operation cost and grid extension cost for different wind penetrations based on GreenNet,* IEA Workshop Wind Integration, 2004 GreenNet www.iea.org/dbtw-wpd/textbase/work/2004/nea/auer.pdf

Beckman, K. (2005) Miljardensteun voor windmolens slecht besteed, *Het Financieele Dagblad*, 28 september.

Beurskens, M. (2004) Windenergie, in: *Energieopties voor de 21e eeuw*, Wiardi Beckman Stichting, www.wbst.nl/renderer.do/clearState/true/menuId/143974/returnPage/21915.

Bower, J. (2003) *UK Offshore wind generation capacity: a return to picking winners?*, Oxford.

Brandt, U.S. en G.T. Svendsen (2004) Fighting Windmills: The Coalition of Industrialists and Environmentalists in the Climate Change Issue, *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 4: 327-337.

DeCarolis, J. en D. Keith (2005) *The economics of large-scale wind power in a carbon constrained world,* Energy Policy in press.

Deutschen Energie-Agentur (2005) *Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore* (*DENA-Netzstudie*), www.deutsche-energie-agentur.de/page/index.php?id=2764&type=5.

Eirgrid (2004) *Impact of Wind Power Generation in Ireland on the Operation of Conventional Plant and the Economic Implications*, www.eirgrid.com/EirGridPortal/uploads/ Publications/Wind%20Impact%20Study%20-%20main%20report.pdf.

E-ON Netz (2004) *E-ON Wind Report 2004,* www.energybulletin.net/3424.html.

Schwankhaus, D. (2004) *Success of Wind Power – a question of state and federal subsidies?* Ernst & Young, www.ey.com/.../$file/Success%20of%20Wind%20Power_A%20Question%20of%20State%20and%20Federal%20subsidies.pdf.

Holttinen, H. en R. Hirvonen (2005) Power System Requirements for Wind Power. Chapter 8 in: *Wind Power in Power Systems,* Ackermann (ed.), Wiley & Sons Ltd.

House of Lords – Intermittency and security of supply; Chapter 7 in: *Science and Technology – Fourth Report*, www.publications.parliament.uk/ pa/ld200304/ldselect/ldsctech/126/12609.htm.

IEA (2005a) *Offshore Wind Experiences*, Paris, www.iea.org/textbase/papers/2005/offshore.pdf.

IEA (2005b) *Variability of Wind Power and other Renewables,* Paris, www.iea.org/textbase/papers/2005/variability.pdf.

Ilex Energy Consulting en G. Strbac (2002) *Quantifying the system costs of additional renewables in 2020*, www.dti.gov.uk/energy/developep/080scar_report_v2_0. pdf.

Justus, D. (2005) *Wind Power Integration into Electricity Systems,* Organisation for Economic Cooperation and Development (2005) CoM/ENV/EPOC/IEA/SLT, www.oecd.org/dataoecd/22/37/34878740.pdf.

Keay, M. (2005) *Wind Power in the UK: Has the Sustainable Development Commission Got it Right?,* Oxford Institute for Energy Studies.

Kennedy, S. (2005) Wind power planning: assessing long-term costs and benefits, *Energy Policy* 33: 1661-1675.

Keussen, U., C. Schneller en W. Winter (2005) Ergebnisse und Konsequenzen der 'Dena-Netzstudie', *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 55, 4: 258-261.

KIVI (2002) *Windenergie. Resultaten van een debat tussen voor- en tegenstanders van windenergie*, www.ingenieurs.net/Resource.phx/ sig/sig-energie/windenergie.htx.

Kooijman, H.J.T. en E.J.W. van Sambeek (2003) *Kosten Duurzame Elektriciteit, Windenergie op Zee*, ECN.

Liik, O., R. Oidram, M. Keel en M. Landsberg (2005) *A New Method for Estimation of Fuel Savings by Wind Energy and its Impact on Power systems Planning*, pakri.info-web.ee/admin/files/ettekanne1.pdf, Tallinn.

Lindenberger, D. (2004) *Costs of integrating wind energy in Germanv*, IEA Workshop May 2004, www.iea.org/textbase/work/2004/nea/lindenberger.pdf.

Liu, J., G.C. van Kooten en L. Pitt (2005) *Integrating Wind Power in Electricity Grids: An Economic Analysis,* http://repa.econ.uvic.ca/publications.htm, REPA.

Michaelowa, A. (2005) The German Wind Energy Lobby: How to Successfully Promote Costly Technological Change, *European Environment* 15, 3: 192-199, www.hwwa.de/Forschung/Klimapolitik/docs/2005/Publ/Michaelowa_German_Wind_Energy.pdf.

Pitt, L., G.C. van Kooten, Love en Djilali*, Utility-scale Wind Power: Impacts of Increased Penetration*. Working Paper 2005–02, REPA Research Group, University of Victoria http://repa.econ.uvic.ca/publications.htm.

Rabl, A. (2002) *The ExternE Project of the EU*, www.netl.doe.gov/publications/proceedings/03/valuing-ext/abstracts/Rabl.pdf.

Rosenbloom, E. (2005) *A Problem With Wind Power*, www.aweo.org/problemwithwind.html.

Royal Academy of Engineering (2004) *The Costs of Generating Electricity*, www.raeng.org.uk.

Sambeek, E.J.W. van et al. (2003) *Onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties*, ECN.

Schultz, W. et al. (2004) *Gesamtwirtschaftliche, sektorale und ökologische Auswirkungen des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG); Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit* (BMWA). EWI Köln, IE; RWI www.uni-koeln.de/wiso-fak/energie/ Veroeffentlichungen/pdf/Auswirkungen_EEG.pdf.

Shakoor, A. en G. Strbac (2004) Impact of intermittant renewable generation on system security, IEE.

Sharman, H. (2003) *Danish lessons. The dash for wind. West Denmark's Experience and UK's energy aspirations*, www.countryguardian.net.

Soens, J. (2005) *Impact of wind energy in a future power grid,* Leuven.

Strbac, G. (2004) *Quantifying the System Costs of additional renewables in the UK*, IEA.

Teyssen, J. en M. Fuchs (2005) *E.ON Wind Report 2005,* ventdecolere.org/archives/doc_reference/eon%202005%20Report.pdf.

UCTE (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity) (2005) *Integrating wind power in the European power systems – prerequisites for succesful and orga-*

nic growth, www.ucte.org/pdf/publications/ 2004/ucte-position-on-wind-power.pdf.

Verrips, A., H. de Vries, A. Seebregts en M. Lijesen (2005) *Windenergie op de Noordzee, CPB, Een maatschappelijke kosten-batenanalyse,* www.cpb.nl/nl/pub/cpbreeksen/bijzonder/57/bijz57.pdf, Den Haag.

Verwer, J. (2003) *Men kan de Euro maar een keer uitgeven*, Ruimte in debat 04-2003.

Voss, A. (2003) *Windenergie – Entwicklungen. Erwartungen und energiewirtschaftliche Einordnung*, Stuttgart: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), www.energie-fakten.de/pdf/voss-windenergie.pdf.

White, D. (2004) *Reduction in Carbon Dioxide Emissions: Estimating the Potential Contribution from Wind Power*, www.countryguardian.net.

Winter, W. (2005) *Network Planning*, *Windpower integration into the transmission system*, E.ON Netz GmbH, www.iea.org/textbase/work/2004/nea/winter.pdf.

Wissenschaftlichen Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeid, Keulen 2004, *Gutachten: Zur Förderung erneuerbaren Energien,* www.sfv.de/lokal/mails/wvf/zukunftd.htm.

NOTEN

1 Met uitzondering van de fossiele energie die is aangewend voor de plaatsing van die molens.

2 Zie voor Nederland bijvoorbeeld KIVI 2002.

3 Het aandeel wind zou in Denemarken gestegen zijn tot 20 procent van de elektriciteitsvoorziening; maar men moet daar een groot deel van de jaarlijks geproduceerde windenergie exporteren naar Noorwegen (deels tegen zeer lage vergoeding) en omgekeerd als wind het laat afweten elektriciteit importeren (zie onder meer White 2004; Sharman 2003; Liik et al. 2005).

4 De molens moeten geplaatst zijn op een onderlinge afstand van minstens zesmaal de diameter van de rotorbladen. De bebouwing moet op 500 meter afstand blijven in verband met geluidshinder en slagschaduw bij lage zon.

5 Overigens ligt het windaanbod in ons land de laatste jaren zo'n 20 procent onder het langjarig gemiddelde. Zet die trend zich door, dan wordt de *load factor* (nog) geringer.

6 De ervaring in Noord-Duitsland is dat bij piekperioden windturbines nauwelijks bijdragen (E.ON 2004; Teyssen en Fuchs 2005; Alt 2005). Windparken met een aandeel van 10 procent in de totale capaciteit kunnen in piektijden samenvallend met windstilte hooguit 5 procent van die capaciteit leveren, dus hooguit 0,5 procent van de totale piekbehoefte (Alt 2005).

7 Zie ook Verrips et al. 2005: 70-71. "De 'capacity credit' van een windpark daalt van 98 procent van een load factor (bij een zeer klein aandeel wind) naar circa 50 procent van de 'load factor' als de opgestelde windcapaciteit 40 procent van de totale capaciteit uitmaakt."

8 Verrips et al. 2005: 69-70.

9 Hierdoor zou volgens Soens de maximale CO_2-reductie in België beperkt zijn tot 2-4 procent van de emissies in de Belgische elektriciteitssector. Dat maximum wordt bereikt bij een vrij lage penetratie van windenergie, in België in de orde van 700 MW; dat is een geïnstalleerd vermogen van rond 5 procent van het totale parkvermogen. Een hogere penetratiegraad resulteert niet in meer CO_2-mitigatie, omdat het behoud van betrouwbaarheid gepaard gaat met te veel extra emissies (Soens 2005: 163).

10 Een windmolenpark vergt geen brandstofkosten, maar wel hoge investeringen. Die zijn per kW offshore 1,5 maal zo hoog als *onshore*, en *onshore* is tweemaal zo duur als Combined Cycle Gas Turbine (CCGT) (*load factor* 85-90%).

11 Wind op land heeft volgens het ECN een onrendabele top van 7,8 cent, en wind op zee van 9,7 cent. Windleveranciers ontvangen sowieso de gewone stroomprijs van 2,7 cent.

12 Sommige auteurs menen dat aangezien levering van windelektriciteit alleen dankzij de reservecapaciteit gegarandeerd is, de prijs van de windenergie pas concurrerend is als hij gedaald is tot alleen het variabele deel van de prijs van vervangende energie.

13 Gascentrales: 1-2 eurocent per kWh, kernenergie 0,7 cent (Rabl 2002).

14 Zie ook Verrips 2005: 33 e.v., zij het voor een iets andere inschatting.

15 De vuistregel dat verdubbeling van het geïnstalleerd vermogen leidt tot afname van de kosten met 10 procent impliceert dat de kostenreductie in de tijd afneemt, want het kost steeds meer tijd een verdubbeling te bereiken, Verrips 2005: 32.

16 In de oudere literatuur werden deze kosten vaak niet meegenomen; en in de meer recente literatuur worden ze soms omgeslagen over alle elektriciteit.

17 Waaronder dure ad-hocinkoop van energie; hogere kosten netbeheer; snellere slijtage van reservecapaciteit; energieverlies door elektriciteitstransport over relatief lange afstanden.

18 In de DENA-studie (2005): 95-168 euro per ton CO_2 tot 2007. Specifiek voor *offshore* worden bedragen genoemd van 60-70 euro per ton CO_2. Voss (2003) geeft op: 85-170 euro per ton CO_2. Andere bronnen noemen nog aanzienlijk hogere bedragen. De DENA-studie spreekt van een mogelijke daling tot 44-77 euro per ton CO_2 in 2015.

19 Zie Schultz et al. (2004). In 2004-2010 daalt het gecumuleerd primair energiegebruik van 4800 PJ tot 4000 PJ; zet men in Duitsland de beoogde verdubbeling van het aandeel hernieuwbaar door, dan daalt dat gebruik nauwelijks extra tot 3900 PJ en nemen de CO_2-emissies nauwelijks extra af. Tussen 2006-2010 stabiliseert de CO_2-emissie ondanks een extra input wind.

20 Tot deze conclusie komen ook de auteurs van het CPB-rapport in *Het Financieele Dagblad* (Beckman 2005): “Het aanleggen van windmolens op zee doet de vraag naar CO_2-rechten afnemen, omdat je voor windenergie geen rechten hoeft te kopen. Daardoor daalt de prijs, waardoor andere mogelijkheden om CO_2-uitstoot terug te dringen, bijvoorbeeld door energiebesparing, worden verdrongen. Per saldo levert de subsidiëring van windmolens dus niet minder CO_2-uitstoot op. Dat Brinkhorst toch doorgaat met het ondersteunen van windmolens op zee, heeft mede te maken met de EU-doelstelling voor duurzame energie waar Nederland aan moet voldoen. (...) Het is vreemd dat de EU-lidstaten zich vastpinnen op zo’n doelstelling, terwijl het emissiehandelssysteem al een plafond oplegt.”

21 De recente CPB-studie (Verrips et al. 2005) beperkt zich tot maatschappelijke kosten en baten van windparken op de Noordzee, beoordeeld vanuit Nederlandse (niet-mondiale) optiek. Daarbij bleef het maximaal potentieel vanuit oogpunt van bijvoorbeeld betrouwbaarheid buiten beschouwing, evenals een vergelijking qua potentieel en kosteneffectiviteit met verschillende in ontwikkeling zijnde alternatieven zoals kolen + CCS, en het matigend effect van toepassing daarvan op de CO_2-mitigatieprijs. Desalniettemin komt ook deze studie tot de conclusie dat Nederland, zolang men gehouden is aan de Europese doelstelling op het vlak van duurzame energie, zich moet beperken tot een beperkte gefaseerde opbouw van windcapaciteit (het profiteert dan van de te verwachten geleidelijke kostendaling van turbineplaatsing en – indien het komt tot stringent Europees klimaatbeleid – de oplopende prijzen voor CO_2-emissierechten; en van de mogelijk stijgende olieprijzen). In *Het Financieele Dagblad* voegt men daaraan toe: “Zo’n gefaseerde aanpak is misschien het beste gegeven de EU-doelstellingen die er zijn op dit gebied. Maar op basis van de kosten en baten ligt uitstel meer voor de hand dan een gefaseerde ontwikkeling” (Beckman 2005).

22 Bijvoorbeeld bij productie van kunstmest, drinkwaterwinning uit zeewater, of andere zaken waarbij voorraadvorming mogelijk is.

BIJLAGE 5: GEBRUIK VAN BIOMASSA IN DE ENERGIEVOORZIENING

Biomassa kan in principe benut worden als klimaatneutrale brandstof (Wijbrans 2004; Sheehan 2004; Sims 2004; Sims et al. 2003) voor met name elektriciteitsopwekking en/of transport. De koolstof die erin is opgeslagen komt bij verbranding weliswaar vrij als CO_2, maar bij heraanplant wordt weer CO_2 opgenomen (zie ook bijlage 7).

Tekstbox 1 Huidig gebruik van biomassa

Het aandeel van biomassa ligt in de industriële landen rond 10 procent en mondiaal rond 14 procent. Meer dan de helft is traditionele biomassa (sprokkelhout, mest en dergelijke – voor koken en stoken – wordt vooral gebruikt in de derde wereld; doorgaans zeer inefficiënt en binnenshuis met extreme luchtverontreiniging). Daar is een wereld te winnen aan efficiëntie en gezondheid.

Zolang fossiele brandstoffen goedkoop zijn, blijft biomassa weinig aantrekkelijk. In OESO-landen wordt biomassa vooralsnog vooral gebruikt in de elektriciteitsvoorziening via bijstoken van residuen en afval uit de land- en bosbouw en de houtindustrie in aangepaste kolencentrales die goeddeels afgeschreven zijn.[1] Waar goedkope residuen beschikbaar zijn, is die biomassa concurrerend. De techniek is rijp, efficiënt en betrouwbaar, en de investeringskosten zijn gering;[2] maar het potentieel is eveneens gering.

1 VERBOUW VAN GEWASSEN VOOR ENERGIE: CONCURRENTIE MET VOEDSELPRODUCTIE?

Vaak wordt gedacht dat het potentieel van biomassa beperkt is, omdat vruchtbare grond nodig is voor voedselproductie voor de sterk groeiende wereldbevolking, ook bij hogere landbouwproductiviteit in Oost-Europa en in ontwikkelingslanden.[3] Voor zover dit punt ter zake is (zie echter onder meer Victor 2003), raakt het met name het gebruik van eenjarige energiegewassen zoals graan, koolzaad en suikerriet, want die hebben grond van goede kwaliteit nodig.[4] Echter, dankzij onlangs beschikbaar gekomen technieken kunnen tegenwoordig ook residuen van land- en bosbouw en meerjarige houthoudende gewassen zoals grassen en bomen worden gebruikt. Die vormen van biomassa (men spreekt van de ‘tweede generatie’) concurreren niet of nauwelijks met voedselgewassen, want ze groeien op allerlei gronden, ook marginale (Faaij et al. 2000; Moreira 2005; Faaij et al. 2004; Faaij 2005). Ze leiden daar bovendien tot verbetering van de bodemkwaliteit. En op deze aarde is er veel grond die niet geschikt is voor landbouw; een deel van de tropen is niet geschikt, een groot deel van het bosareaal op het noordelijk halfrond evenmin.[5] Op gedegradeerde grond zijn plantages zelfs vaak de enige goede optie (Faaij 2005; Azar et al. 2001; Moreira 2005; Read 2005). Een extra voordeel is dat hierdoor de prijzen van biomassa relatief laag blijven.

Snel groeiende bomen als wilg en eucalyptus, en bepaalde grassen (switchgras) – die al worden aangeduid met *energy crops* – geven de meeste biomassa per

hectare, en al helemaal na aftrek van de fossiele energie die in het voor- en natraject moet worden ingezet (Sheehan 2004; Tampier 2004). Biomassa op basis van energieteelt bevat weinig tot geen schadelijke componenten, en meerjarige energiegewassen hebben al helemaal een lage milieu-impact (Bauen et al. 2004).

2 BIOMASSA EN VERGASSINGSTECHNOLOGIE

Biomassa is – in vergelijking met andere hernieuwbare bronnen zoals wind- en zonne-energie – goed integreerbaar in het bestaande energiesysteem. Ten eerste is biomassa chemisch sterk verwant met fossiele brandstoffen (het gaat in beide gevallen om koolwaterstoffen), zodat de gangbare technieken in het energiesysteem er in principe goed mee overweg kunnen. Zo kan men benzine mengen met bio-ethanol, en diesel met biodiesel;[6] in kolencentrales kan men biomassa bijstoken. Ten tweede is het aanbod van biomassa goed stuurbaar. En ten derde zijn er nieuwe (bovendien efficiënte) conversietechnieken beschikbaar gekomen, waardoor ook cellulose houdende vormen van biomassa kunnen worden benut: de vergassingstechnologie (bruikbaar voor zowel kolen als voor een combinatie van kolen en biomassa; of alleen voor biomassa) en hydrolyse (Larson en Kartha 2000; Boerrigter en Zwart 2004; Jansen 2004; Boerrigter en Van der Drift 2004; Den Uil et al. 2004; Yamashita en Barreto 2005). Voor meer informatie over de vergassingstechnologie: zie bijlage 3.

De combinatie van biomassa en vergassing kan drie belangrijke voordelen geven:
- Deze combinatie maakt het energiesysteem meer flexibel, zowel aan de inputzijde (vergassing is bruikbaar voor kolen; voor een combinatie daarvan met biomassa; of alleen voor biomassa) als aan de outputzijde, want het syngas is een tussenproduct dat kan worden omgezet in elektriciteit, synthetisch aardgas, warmte, basis- en fijnchemicaliën; en dat ook kan worden benut worden voor productie van waterstof.
- Vergassingstechnologie maakt het gemakkelijk een flink deel van de CO_2 af te vangen tegen relatief lage kosten. En bij de combinatie van biomassa en CCS wordt zelfs CO_2 *onttrokken* aan de atmosfeer, en zo wordt het in principe mogelijk de concentratie CO_2 weer omlaag te brengen (Obersteiner et al. 2002; Audus en Freund 2004; Read en Lermit 2003; Read 2005). Helaas is deze optie vooralsnog duur,[7] maar het is uit een oogpunt van risicobeheersing aan te raden die technologie achter de hand te hebben door nu al te beginnen met de tijdrovende opbouw van biomassaplantages en herbebossing.
- Van groot belang is dat deze combinatie – voorlopig als enige naast ethanol op basis van suikerriet – een mondiaal relevante bijdrage kan leveren aan C-neutrale transportbrandstoffen (IEA 2004; Fulton 2005; Williams 2004; Fiedler 2005). Het bij vergassing geproduceerde ‘syngas’ kan worden omgezet in zeer schone vloeibare brandstoffen voor transport (ethanol, methanol, diesel, Fischer-Tropsch-diesel, DME); in dat geval komt alsnog een deel van de koolstof in de brandstof. Niettemin zijn – als voor de productie van syngas biomassa is benut – de geproduceerde brandstoffen C-neutraal.

3 MITIGATIEPOTENTIEEL

De vergassingstechnologie maakt het mogelijk cellulosehoudende biomassa te benutten. De verbouw daarvan geeft, zoals gezegd, veel minder concurrentie met voedselproductie. Het aandeel van biomassa in het primaire energiegebruik kan – residuen van land- en bosbouw en organisch afval meegerekend – geleidelijk oplopen tot 200-300 EJ in 2050,[8] zeg 250 EJ (Berndes et al. 2003; Moreira 2004; Faaij 2005; Hoogwijk et al. 2005). Daarop afgaand, en voorbijgaand aan schattingen die nog veel hoger uitkomen,[9] kan dan het mitigatiepotentieel van biomassa ten behoeve van de energievoorziening, rekening houdend met de fossiele energie benodigd voor de productie van die biomassa, geschat worden op 2-3 GtC in 2050. Biomassa zou zelfs in zo'n 40-50 procent van de energiebehoefte kunnen voorzien als de energie-intensiteit met 2 procent zou afnemen, zodat het energiegebruik niet, zoals in BAU, groeit van de huidige 420 EJ per jaar tot zo'n 1000 EJ in 2050, maar slechts tot rond 550 EJ (zie bijlage 2); in dat geval zou het potentieel van 2-3 GtC een aandeel in de koolstofemissie van 2050 betekenen van rond 30-40 procent.

Het uiteindelijke technisch potentieel is veel groter, ook zonder de wereldvoedselproductie in gevaar te brengen (de landbouwproductie kan zonder extra grond voldoende groeien bij een te verwachten gestage groei van de landbouwproductie per hectare met mondiaal gemiddeld 1,6-1,8 procent per jaar): meer dan 800-1000 EJ per jaar, waarvan een groot deel tegen lage kosten van 2 dollar per GJ beschikbaar kan komen (Moreira 2004; Faaij 2005).[10]

Tekstbox 2 Bosbouw als bron van biomassa

Hout en houtproducten worden op de wereldmarkt vooral verhandeld tussen industriële landen: 80 procent van de totale exporten en 90 procent van de totale importen. De importen van de OESO nemen overigens de komende 20 jaar toe met naar schatting 200 procent, met name naar Japan.

De houtoogst (= de vraag naar primair hout) bleef de laatste decennia sterk achter bij de jaarlijkse aangroei in de bossen: hij bedroeg slechts 50 procent van de toename van de totale houtconsumptie, zowel in de OESO als in de rest van de wereld. In de OESO is de efficiëntie bij houtverwerking en toepassing sterk toegenomen, evenals de recycling en het hergebruik van houtafval. Momenteel wordt in de OESO 55-60 procent van jaarlijkse bosaangroei geoogst. Het aantal hectares bos in de OESO is toegenomen. Ook nam de hoeveelheid bomen per hectare merkbaar toe, hoewel men nog maar net begonnen met intensiveringsgericht bosbeheer en plantages met hoge opbrengsten.

Bosbouw levert bij weinig zorg over de regeneratie van bomen slechts 2 kubieke meter hout per hectare per jaar.

Duurzaam beheer van natuurbos

Volgens de FAO is selectieve houtkap heel goed te doen op duurzame wijze, zonder verlies van herstelvermogen en zonder dat er bos verloren gaat; zodanig dat bodem, water en biodiversiteit

voldoende worden beschermd. “Als bossen geen inkomen genereren is er de neiging om de grond te gaan aanwenden voor andere bestemmingen, en dat [is] meestal veel erger dan selectieve houtkap, mits daarbij de juiste technieken worden gebruikt.”[11]

Plantagebossen
In geval van plantages en versnelde boomgroei is een hoge productiviteit per hectare mogelijk. Plantages in Brazilië, Chili en Nieuw-Zeeland halen opbrengsten van meer dan 20 kubieke meter per hectare per jaar. Nu al komt meer dan 20 procent van het primaire hout uit bossen met een opbrengst van meer dan 7 kubieke meter per hectare per jaar. Bij een mondiale stijging van de opbrengst met 2 procent per jaar zal de productie tegen 2050 op kunnen lopen tot gemiddeld zo’n 5 kubieke meter per hectare per jaar. Met eucalyptussen in Brazilië en populieren in Brits Colombia is meer dan 40 kubieke meter per hectare per jaar haalbaar (Ravindrath en Hall 1996). En dan zijn er ook nog perspectieven van toepassing van biotechnologie in de bosbouw (Victor 2003). Plantagebossen produceren per hectare 5 tot 100 keer zo veel hout als kan worden bereikt in de meeste bossen in gematigde zones. “The world’s current industrial wood consumption requirements could be produced on about 500 million acres of good forestland, an area only about 5 percent of the world’s current forestland.” In Argentinië wordt bijvoorbeeld 60 procent van het hout geproduceerd in plantages die slechts 2,2 procent van het totale bosareaal in dat land uitmaken. Plantagebossen maken deel uit van het bosareaal[12] en zijn geen oorzaak van ontbossing. Integendeel: ten eerste zijn de meeste plantages gevestigd op andere grond dan bosgrond: op kapvlaktes die braak lagen of op bosgrond die door onduurzame vormen van *logging* erg beschadigd was. Het komt niet vaak voor dat natuurbos is gekapt om plantages te kunnen vestigen. En ten tweede: ze verminderen de druk op de rest van de bossen.

De oppervlakte aan plantagebos neemt toe met gemiddeld 3,1 miljoen hectare per jaar, de helft door aanplant van nieuw bos; de helft door vervanging van natuurlijk bos. In de OESO betreft het 1 procent van het bosareaal. Bij het huidige tempo van plantagevestiging zou in 2050 de helft van de houtvraag vanuit plantages bediend kunnen worden en de rest uit het uitdunnen van ‘natuurlijke’ bossen en dergelijke (*logging*). Dan zou de vraag naar bosareaal kunnen afnemen tot slechts 12 procent van alle bossen. Men werkt vooral met snel groeiende boomsoorten. De opbrengst van plantages wordt gebruikt als constructiemateraal en voor de papierindustrie, maar kan ook benut worden voor bio-energie. Zo wordt dit type bos een hulpbron waarbij men de natuur laat werken om energie beschikbaar te krijgen (vgl. molens), zodat de afhankelijkheid van ‘fossiele energie’ minder wordt.

Pakt men herbebossing en plantages goed aan – waaronder recycling van nutriënten door het benutten van de as[13] en duurzame methoden van verbouw –, dan treedt bodemherstel op, neemt het waterbufferend vermogen van de bodem toe en wordt erosie tegengegaan. Ook wordt werkgelegenheid in landelijke gebieden bevorderd (de werkgelegenheid in bosplantages is vele malen hoger dan die bij veeboeren).

Biomassa kan dus een grote bijdrage leveren aan de toekomstige mondiale energievoorziening en daarmee aan mitigatie. Het mitigatiepotentieel wordt bepaald door de voor energie bruikbare opbrengst per hectare (na aftrek van de fossiele energie die in het voor- en natraject moet worden ingezet, hetgeen vooral bij de

genoemde houtachtige gewassen en grassen zeer gunstig is), en die is mede afhankelijk van de vraag of het om plantages gaat en van de beschikbare conversietechnieken (Tampier et al. 2004). De ontwikkeling in die richting lijkt binnen relatief korte tijd opportuun. Dankzij de genoemde technische ontwikkelingen lijkt bio-elektriciteitsopwekking binnen 5-10 jaar en biobrandstoffen binnen 10-15 jaar concurrerend te kunnen worden in veel gebieden in de wereld, mede onder invloed van de huidige ontwikkeling van de olieprijs (Faaij 2005). Technologische ontwikkeling in aanvoerketens over grote afstanden kan de concurrentiepositie van bio-energie verder verhogen. Bio-energie door vergassing is in EU en VS op den duur veel goedkoper dan graanethanol.

4 KOSTEN

Biomassaresiduen kosten in OESO-landen minder dan circa 2,5-3 euro per GJ. Voor afval dat de aanbieders kwijt moeten, hoeft weinig tot niets betaald te worden. Ter vergelijking: in de OESO is de importprijs voor kolen en aardgas respectievelijk 1,6 euro per GJ en 1,5-3 euro per GJ. Energiegewassen kosten in Noord-Amerika en Europa tegenwoordig 3-4 euro per GJ. Dat zou kunnen dalen tot 2-2,5 euro per GJ door opbrengststijging, ervaring, verbetering in infrastructuur en logistiek (Faaij 2005). Zo kosten houtsnippers in Finland, met z'n vele bosbouw, minder dan 2 euro per GJ (na transport van 100 kilometer); in Brazilië circa 1,5-2 euro per GJ (Wijbrans 2004). Voor importen van biomassa op grote schaal zou een prijs van 3,6 euro per GJ realistisch zijn (door een relatief lage energiedichtheid zijn de transportkosten relatief hoog; na voorbehandeling – drogen, versnipperen en dergelijke, eventueel vergassen – is langeafstandsvervoer per schip mogelijk).

Bio-energie in het verkeer

In de sector verkeer is – vooralsnog – het enige serieuze C-neutrale alternatief: biodiesel, gemaakt van suiker, zetmeel, oliezaden-'ethanol' en vooral ethanol. De CO_2-reductie zou *well-to-wheel* 20 tot 50 procent ten opzichte van benzine zijn. Vooral de productie van ethanol uit suikerriet is in tropische gebieden met goede grond zeer goed mogelijk, zo is in Brazilië is gebleken. Daar zijn de productiekosten gestaag gedaald. Ethanol is in Brazilië bijna concurrerend geworden met benzine[14] (zoveel te meer bij de recent gestegen olieprijzen) en wordt er niet langer gesubsidieerd. Door betere landbouwtechnieken en het gebruik van residuen van de rietsuikerproductie door centrales met vergassingstechnologie of hydrolysetechnieken kunnen de resultaten nog beter worden. Het succes van Brazilië is herhaalbaar in andere gebieden waar vergelijkbare omstandigheden gelden.

In gematigde klimaatzones hebben brandstoffen uit zetmeel, graan, suikergewassen en koolzaad veel minder perspectief.[15] In de VS, Canada of de EU zijn de productiekosten van conventionele ethanol en biodiesel 2-3 keer zo hoog als de productiekosten van benzine en diesel, althans bij een olieprijs van 30 dollar per vat. De technieken zijn rijp, dus deze biobrandstoffen worden pas bij langdurig

hoge olieprijzen of een pittige CO_2-prijs echt interessant. Meer perspectief is er voor het gebruik van *switchgrass* en cellulosehoudende biomassa (IEA 2004; Fiedler 2005) die gebruikt kunnen worden voor de productie van ethanol (met een potentiële omvang van 15-25 procent van de huidige VS-olieconsumptie) of Fischer-Tropsch-brandstoffen dankzij nieuwe technieken zoals pyrolose respectievelijk vergassing van biomassa. FT-diesel zou omgerekend per vat 10 dollar duurder zijn dan de huidige diesel.[16] De kostprijs lijkt uit te komen op zo'n 40 cent per liter,[17] met zicht op verlaging tot 30 cent.

In een recent IEA-rapport (2004) wordt geschat dat biobrandstoffen al in 2010 een aandeel van 5 procent mondiaal kunnen hebben, dat in de periode 2050-2100 kan uitgroeien tot meer dan 50 procent van het dan sterk gestegen totale gebruik.

Het voordeel van transportbrandstof geheel of gedeeltelijk op basis van biomassa is dat er geen nieuwe infrastructuur en geen extra raffinagecapaciteit benodigd is.

Bio-elektriciteit

Bio-elektriciteit kost 0,01-0,04 euro per kWh meer dan gewone elektriciteit. Op dit moment gaat het vooral om het bijstoken van goedkope biomassa (residuen, organisch afval) in kolencentrales. Voor een BIGCC zou de elektriciteitsprijs uitkomen op 0,05-0,06 euro per kWh (Faaij).[18] Bij de huidige olieprijs van 50 à 60 dollar per vat, mits langdurig, maakt grootschalige introductie van biosynthesegas een kans.[19] Zou de prijs van CO_2 oplopen naar 100 dollar per ton, dan wordt een BIGCC centrale concurrerend met een gewone kolencentrale.

5 SYNERGIE EN CO-BENEFITS

De optie 'bio-energie met behulp van plantages' versterkt in feite de optie 'gebruik van bos voor C-opslag via fotosynthese'. Dergelijke plantages vormen in principe een bescherming voor de gewone bossen (IPCC 2001). En als voor biomassa extra areaal wordt beplant, vindt dankzij de opslag van koolstof extra mitigatie plaats, naast de mitigatie dankzij het gebruik voor bio-energie. Overigens wordt door het voortdurend oogsten van hout voor bio-energie de maximale bijdrage van de *sink*-functie van het bos wat lager.

Energiezekerheid

De optie biomassa vermindert de afhankelijkheid van fossiele energie. Hoe meer geschikt bos voor energiegebruik, des te groter de buffervoorraad die beschikbaar is voor het substitueren van fossiele brandstoffen (Read en Lermit 2003).

Milieuhygiëne

Biomassa op basis van energieteelt bevat weinig schadelijke componenten en de teelt kan ter plaatse ook leiden tot verbetering van de bodemkwaliteit. Meerjarige energiegewassen hebben een zeer lage milieu-impact. Ook ethanol en biodiesel scoren relatief goed qua milieuhygiëne. Milieuhygiënisch het minst gunstig is het gebruik van afval; maar ook dat is, bij toepassing in plaats van kolen per saldo

gunstig en het reduceert de afvalberg; en bij vergassing kunnen verzurende en verontreinigende stoffen al in het vergassingsproces worden verwijderd.

Relevantie voor ontwikkelingslanden

Energieplantages worden vooral in de tropen belangrijk, daar is de opbrengst veel hoger dan van gewone bossen. Daar komt bij dat grote delen in de tropen niet geschikt zijn voor landbouw, wel voor bos (Faaij 2005). Biomassa biedt ontwikkelingslanden perspectief (Volk et al. 2004; Read 2005; Sims 2004) op: (a) minder afhankelijkheid van import fossiele brandstof; (b) export van biobenzine en biodiesel; (c) zicht op kleinschalige vormen van energievoorziening; en (d) impulsen op het platteland doordat de werkgelegenheid in bosbouwplantages in vergelijking tot veeteelt erg hoog is. Maar dan is een grootschalig programma van decennialang volgehouden *land use change* nodig: investeringen in agrarisch grondgebruik en het verbeteren van de landbouwproductiviteit (Read en Lermit 2003; Read 2005). Veelbelovende regio's zijn Latijns-Amerika, Sub-Sahara Afrika, Oost-Europa en op lange termijn ook Oceanië en Oost- en Noordoost-Azië, als de bevolkingsgroei daar over de top is. In hoeverre en hoe snel dat mogelijk is, is nog een open vraag.

6 CONCLUSIE

Het ziet ernaar uit dat deze optie dankzij het gebruik van cellulosehoudende *energy crops* en bepaalde grassen reeds in de eerste helft van deze eeuw een significant mitigatiepotentieel heeft. Biomassa lijkt, uitgaande van een sterke verhoging van de energie-efficiëntie (zie bijlage 2), samen met fossiele energie + CCS (zie bijlage 3) de ruggengraat te kunnen gaan vormen van een energiesysteem met veel meer energiezekerheid en relatief lage CO_2-emissie (Smith 2004; Faaij 2005; Sims 2004; IEA 2004; Volk et al. 2004; Bustnes et al. 2004).

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Agterberg, A. en A. Faaij, *Biotrade: international trade in renewable energy from biomass*, www.chem.uu.nl/nws/www/publica/98040.pdf.

Audus, H. en P. Freund (2004) *Climate Change mitigation by biomass gasification combined with* CO_2 *Capture and Storage*, www.uregina.ca/ghgt7 PDF/papers/peer/440.pdf.

Auer, J. (2005) Bio-energies after the petroleum age, in*: Deutsche Bank Research, Current Issues, Energy Special*, August.

Azar, C., K. Lindgren en T. Persson (2001) Carbon sequestration from fossil fuels and biomass – long-term potentials, in: Lygnfelt, *Proceedings from carbon sequestration symposium* at Chalmers Oct 26, www.entek.chalmers.se~anly/symp/symp2001.html.

Bauen, A., J. Woods en R. Hailes (2004) *Biopowerswitch – A Biomass Blueprint to Meet 15 procent of* OECD *Electricity Demand by 2020*, http://assets.panda.org/downloads/biomassreportfinal.pdf.

Berndes, G., M. Hoogwijk en R. van den Broek (2003) The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies, *Biomass and Bioenergy* 25, 1: 1-28.

Boerrigter, H. en A. van der Drift (2004) *Large-scale production of Fischer-Tropsch diesel from biomass*, www.ecn.nl/docs/library/report/2004/rx04119.pdf.

Boerrigter, H. en R.W.R. Zwart (2004) *High efficiency co-production of Fischer-Tropsch transportation fuels and Substitute Natural Gasform biomass*, ECN.

Brown, S., I Swingland, R. Hanbury-Tenison, G. Prance en N. Myers (2001) *Carbon Sinks for Abating Climate Change: Can They Work?* www2.essex.ac.uk/ces/research-programmes/cesoccasionalpapers/additionalpaper.pdf.

Bustnes, O.E., E.K. Datta, J.G. Koomey, N.J. Glasgow en A.B. Lovins, Biofuels and bio-materials, Chapter 18 van de Technical Annex bij het rapport *Winning the Oil End Game,* www.oilendgame.org.

Council for Agricultural Science and Technology (2004) *Bioenergy: Pointing to the Future.* Issue Paper nov., www.cast-science.org/cast/src/onlinerenewelbasket.php.

DeFries, R.S., R.A. Houghton, M.C. Hansen, C.B. Field, D. Skole en J. Townshend (2002) *Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s,* www.pnas.org/cgi/content/full/99/22/14256.

Dornburg, V. (2004) *Multifunctionele biomass systems: samenvatting en conclusies*, proef-schrift Utrecht, www.chem.uu.nl/nws/www/publica/e2004-110.pdf.

Economist Special Report (2005) *Stirrings in the corn fields*, 12-05.

European Union, Advisory Committee for Forestry and Forest-based industries, *Comprehensive Report on the role of forest products for Climate change mitigation*', Enterprise Dg Unit E., Forest-Based Industries, http://europa.eu.int/comm/enterprise/forest_based/312_en.html.

Faaij, A. (2005) *Modern biomass conversion technologies*, www.accstrategy.org/simiti/Faaij.pdf.

Faaij, A., R. van den Broek, E. Lysen, D. Gielen, M. Hoogwijk en J. Wolf (2000) *Synthesis of GRAIN: Beschikbaarheid biomassa voor energieopwekking*, www.senternovem.nl/mmfiles/ 113986_2EWAB-0027_tcm24-73109.pdf.

Faaij, A., S. Schöne en C. Daey Ouwens (2004) Transitie biomassa: doodlopend pad? *Stromen*, 30 januari.

Fiedler, J. (2005) *Growing Energy – how Biofuels can help end America's Oil Dependence*, http://soilcarboncenter.k-state.edu/conference/carbon2/Fiedler1_Baltimore_05.pdf.

Fulton, L. (2005) *Biofuels for Transport: a viable alternative*? OECD Observer, www.oecdobserver.org/news/fullstory.php/ aid/1647/Biofuels_for_transport.html.

Hoogwijk, M., A. Faaij, B. Eickhout, B. de Vries en W. Turkenburg (2005) Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios, *Biomass and Bioenergy* 29, 4: 225-257.

IEA (2004) *Biofuels for Transport – An International Perspective*, executive summary, www.iea.org/textbase/publications/free_all.asp.

IPCC (2001) *Third Assessment Report* (TAR), www.ipcc.ch.

Jackson, R.B. en W.H. Schlesinger (2004) *Curbing the US carbon deficit,* www.biology.duke.edu/jackson/pnas04.pdf.

Jansen, P. (2004) *Innovative biofuel production processes: Fischer-Tropsch synthesis and Hydro Thermal Upgrading,* TNO.

Jorgensen, K. en A. van Dijk, *Overview of biomass for power generation in Europe* ECN, www.ec-asean-greenippnetwork.net/documents/tobedownloaded/knowledge-maps/KM_overview_biomass_power_Europe.pdf.

Larson, D. en S. Kartha (2000) Expanding roles for modernized biomass energy. *Energy for Sustainable Development* IV: 15-25, www.princeton.edu/~energy/publications/ pdf/2000/Larson_00_ESD_Expanding_roles_for_biomass.pdf.

Moreira, J.R. (2005) *Global Biomass Energy Potential*, www.accstrategy.org/simiti/moreira.pdf.

Obersteiner, M., Ch. Azar, K. Möllersten en K. Riahi (2002) *Biomass Energy, Carbon Removal and Permanent Sequestration – A 'Real Option' for Managing Climate Risk*, Laxenburg.

Parris, K. (2004) *Lessons from the OECD workshop on biomass and agriculture,* OECD 2004, http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/BiomassAg.nsf.

Project group for Biomass Transition, Biomass (2004) *Green tool for energy transition in the Netherlands*, Ministry of Economic Affairs, www.senternovem.nl/mmfiles/113526_tcm24-124310.pdf.

Ravindranath, N.H. en D.O. Hall (1996) Estimates of feasible productivities of short rotation tropical forestry plantations, *Energy for Sustainable Development* II, 5, www.ieiglobal.org/ESDVol2No5/forestryproductivity.pdf.

Read, P. (2005) *Carbon cycle management with increased photo-synthesis and long-term sinks, Introduction and Summary Conclusions from an Expert Workshop*, www.rsnz.org/topics/energy/ccmgmt.php.

Read, P. en J. Lermit (2003) *Bio-Energy with Carbon Storage (BECS): a Sequential Decision Approach to the threat of Abrupt Climate Change*, www.accstrategy.org/workingpapers/lermitreadBECS.pdf.

Sims, R.E.H. (2004) *The Triple Bottom Line Benefits of Bioenergy for the Community*, in: R.E.H. Sims (ed.) *The Brilliance of Bioenergy – Environmentally Sound Technologies or not?*, www.world-council-for-renewable-energy.org/downloads/wcre-sims.pdf.

Sims, R.E.H., H.H. Rogner en K. Gregory (2003) Carbon emission and mitigation cost comparisons between fossil fuel, nuclear and renewable energy resources for electricity generation, *Energy Policy* 31, 13: 1315-1326.

Sheehan, J. (2004) *Sustainable Biomass: a systems view*, www.nrel.gov/docs/gen/fy04/36831j.pdf.

Tampier, M. (2004) Best uses of biomass: Comparing lifecycle data and maximising GHG emission reductions from biomass, *Refocus* 5, 5: 22-25.

Tampier, M., D. Smith, E. Bibeau en P.A. Beauchemin (2004) *Identifying environmentally preferable uses for biomass resources,* www.cec.org/pubs_docs/documents/index.cfm?varlan=english&id=1561, Vancouver.

Uil, H. den, R. van Ree, A. van der Drift en H. Boerrigter (2004) *Duurzaam synthesegas: Een brug naar een duurzame energie- en grondstoffenvoorziening,* ECN, www.ecn.nl/library/reports/2004/c04015.html.

Victor, D. (2003) *Forest plantations and a vision for restoring the forests*, Wellington.

Volk, T.A., T. Verwijst, P.J. Tharakan, L.P. Abrahamson en E.H. White (2004) Growing fuel: a sustainability assessment of willow biomass crops, *Frontiers in Ecology and the Environment* 2, 8: 411-418, www.esajournals.org/pdfserv/i1540-9295-002-08-0411.pdf.

Wakker, A., R. Egging, E. van Thuijl, X. van Tilburg, E.P. Deurwaarder, T.J. de Lange, G. Berndes en J. Hansson (2005) *Biofuel and Bioenergy implementation scenarios;* Final report of VIEWLS WP5, www.ecn.nl/library/reports/2005/rx05141.html.

Williams, R.H. (2004) *Crude Oil, Climate Change, Coal, Cane and Cars,* www.nrel.gov/ncpv/thin_film/docs/coal_biomass_williams_2004_negative_co2.pdf.

Wijbrans, R. (2004) Energie uit biomassa, in: WBS, *Energieopties voor de 21e eeuw*, www.energieopties.wbs.nl.

Yamashita, K. en L. Barreto (2004) *Biomass Gasification For Co-production of Fischer-Tropsch. Liquids and electricity*.

NOTEN

1 Specifieke biomassacentrales zijn nu nog doorgaans vrij klein (25-60 MWe) en niet zo efficiënt.

2 Ook wint men elektriciteit uit riool- en stortgas; zo wordt ook emissie van methaan voorkomen; en met behulp van rioolslib of fermentatie van suikerhoudende biomassa en vergisting. Zie de bijlage over methaan.

3 Read (2005) stelt dat er niet zozeer een tekort is aan grond voor bossen en plantages van snelgroeiende gewassen zoals suikerriet, maar aan investeringen in grond, met name in ontwikkelingslanden. “Water is een groter knelpunt.”

4 En ze gebruiken per eenheid product relatief veel kunstmest en agrochemicaliën.

5 Er is nu 2 miljard hectare grasland en *open woodland* en 1,5 miljard hectare die ooit gecultiveerd werd. In de EU wordt bijvoorbeeld 15 procent van het agrarisch grondgebied niet meer gebruikt voor voedselproductie.

6 Biodiesel kan men tegenwoordig bijmengen tot 20 procent; dat percentage kan in principe gebracht worden op 100 procent. Ethanol kan in gewone benzinevoertuigen tot 10 procent worden bijgemengd en met kleine aanpassingen tot veel hogere percentages.

7 Het is overigens vooralsnog kosteneffectiever om te investeren in CCS in meer nieuwe kolencentrales dan BIGCC-centrales te voorzien van CCS (Audus en Freund 2004).

8 De schattingen over het potentieel bosareaal lopen uiteen van 0,3 tot 1,3 Gha. IPCC komt op 1,2 Gha (potentieel areaal voor gewassen 2,5 Gha; daarvan is in gebruik 0,9 Gha voor voedselproductie en is nog 0,4 Gha nodig in verband met de mondiale bevolkingsgroei, met een piek in 2050). Een recente berekening van Moreira komt uit op 1,5 Gha areaal (bij strikte criteria is het beschikbaar mondiaal areaal voor *rainfed* landbouw: 2,95 Gha. Daarvan wordt nu gebruikt: 1,46 (38%).

9 Volgens Moreira zou de benutting van 20 procent van het tropisch akkerland – op de wijze zoals nu gebruikt wordt voor de productie van rietsuiker en de conversie ervan in ethanol plus elektriciteit, met een intensiteit gelijk aan wat in Brazilië al normaal is en met een normale verdere toename van de productiviteit – voldoende zijn om in 2050 tot 400 EJ te produceren; daarbij is het potentieel dat aan energiebosplantages kan worden toegeschreven, niet meegeteld.

10 Alleen al op grond die niet langer voor agrarische doelen wordt gebruikt zou in 2050 biomassa met een energiewaarde van 400 EJ produceerbaar zijn; na conversie in nuttige energie: 225 EJ in 2050.

11 “Assessments before and after harvesting, careful construction and maintenance of forest roads, and cutting down trees at a certain direction.”

12 Hierbij rekenen we palmolieplantages, rubber, kokosnoten, fruitbomen en dergelijke niet mee, die vallen onder ‘landbouw’.

13 “The charcoal retains water and nutrients, providing a [base] for fungal and microbial activity essential for fertility” (Read 2005). Vergelijk ook de ‘zwarte grond’ in het Amazonegebied, waar eeuwenlang koolstof en mineralen in de bodem zijn teruggestopt en waar de grond buitengewoon vruchtbaar is. In Canada is een techniek ontwikkeld “to make new soil with an overlay of ‘ramial’

wood chips (...) from the twigs and small branches of deciduous trees, gets broken down by naturally occurring white fungi – the carbon content gets mineralised in new soil."

14 Ethanol in Brazilië kost extra 0,03-0,13 dollar per benzine-equivalente liter (hierin is rekening gehouden met lagere energie-inhoud). Dat brengt de mitigatiekosten op 20-60 dollar per ton CO_2-equivalent.

15 Ethanol op basis van granen: voor 5-6 procent van de benzine is al 15-20 procent van een areaal nodig. Bij oliehoudende zaden is de opbrengst per hectare lager en er is niet veel land voor geschikt. Met afvalolie kan hooguit 2 procent dieselbehoefte gedekt worden.

16 Olie wordt structureel duurder; bij een structurele olieprijs hoger dan 25 dollar per vat gaat het lonen. Alternatieven zijn echter veel duurder. Hybriden: vergelijkbaar met dieselprijs van 179 dollar per vat; ethanol: 137 dollar per vat; waterstof voor brandstofcelvoertuigen, gebaseerd op elektrolyse van water met behulp van windenergie: 343 dollar per vat.

17 Gewone dieselprijs; de prijs aan de pomp zou veel minder verschillen: 82 cent versus 110.

18 Faaij kwam voor biomassa uit Zweden uit op 6 ECU-cent per kWh in 2010 in Rotterdam. Lagere schattingen gaan uit van hogere conversierendementen en een goed ontwikkelde infrastructuur voor productie en transport van biomassa.

19 Vergelijk bijvoorbeeld de kosten van IGCC met CCS: 0,073 euro per kWh (Audus en Freund 2004).

BIJLAGE 6: NUCLEAIRE ENERGIE

1 INLEIDING

Kernenergie genereert (vrijwel) geen CO_2 en evenmin OBG's. Daarmee is zij een optie voor de wereldklimaatstrategie die serieus dient te worden geanalyseerd. Zij wordt overigens niet tot de 'hernieuwbare energie' gerekend, omdat uranium als grondstof wordt gebruikt en die voorraad is eindig. Men kan ook thorium benutten, maar daar geldt hetzelfde voor. Op de zeer lange termijn vormt kernenergie dus geen duurzame oplossing, wel zou ze kunnen dienen als een van de opties in een vrij lange interimperiode van (zeg) vijftig tot tachtig jaar, wellicht zelfs langer. Een beperkt nadeel is dat uranium- en thoriumwinning momenteel nog negatieve milieueffecten heeft, die verminderd zouden moeten worden via internalisering middels regulerende heffingen.

Deze bijlage bespreekt een aantal aspecten van kernenergie als optie voor klimaatbeleid in de wereld, met tevens enkele kanttekeningen voor Europa en Nederland. Eerst zal worden ingegaan op het mitigatiepotentieel van deze optie tot ongeveer 2050, mede bepaald door de investeringsbereidheid en diverse randvoorwaarden. Vervolgens worden kort drie aspecten van het veiligheidsprobleem behandeld: reactorveiligheid, afvalveiligheid en proliferatie en terrorisme. De economische toets wordt samengevat in paragraaf 4. De slotparagraaf bespreekt de grote, hoewel wisselende gevoeligheden rondom deze optie. Daarbij gaat het over percepties (en de beleidsconsequenties die deze kunnen hebben), de Europese en Nederlandse beleidscontext (die wemelt van taboes en inconsistenties) en de snel in belang toenemende doelstelling van energiezekerheid (die in Europa, en nog meer in Nederland om begrijpelijke redenen, wel bekend was, maar desondanks is genegeerd). Niet vergeten moet worden dat, gezien het wereldwijde karakter van het klimaatprobleem, uiteindelijk kernenergie in een *mondiale* mitigatiestrategie beoordeeld dient te worden.

2 MITIGATIEPOTENTIEEL TOT 2050

In 2004 stonden er wereldwijd 440 kerncentrales en waren er 31 in aanbouw. Deze centrales produceren zo'n 367 GW aan elektriciteit, wat neerkomt op 16 procent van de mondiale elektriciteitsvoorziening, die weer zo'n 6 procent bedraagt van de primaire energie. Pas recentelijk is de aangroei van het aantal centrales (iets) versneld. De reden dat het aandeel van kernenergie toch redelijk constant is gebleven (bij de snel stijgende elektriciteitsvraag), is gelegen in de toegenomen productiviteit: een *load factor*-verbetering van 71 procent in 1990 naar 84 procent in 2002 (WANO 2003). Deze elektriciteitsproductie vermijdt zo'n 600 Mt CO_2 indien men veronderstelt dat de huidige energiemix zou worden toegepast voor de vervangende niet-nucleaire productie.

Om het mitigatiepotentieel over vijftig jaar enigszins te kunnen inschatten, kan men ofwel een scenariobenadering kiezen ofwel aan vormen van extrapolatie

doen. Het IEA (2004) heeft uitvoerige informatie van investeringsplannen en ontmanteling verzameld, waardoor een inschatting tot 2025 enig realiteitsgehalte kent. De uitkomst is een stijging van de capaciteit tot ongeveer 410 GW in 2015 en een daling daarna tot 385 GW. Dit zou een daling van het nucleaire aandeel betekenen van 16 procent tot ongeveer 12 procent wegens de snelle stijging van de wereldvraag naar elektriciteit. Extrapolatie tot 2050 is, voor zover bekend, niet beschikbaar, omdat op langere termijn relatieve prijzen en publieke percepties, als hoofddeterminanten voor grootschalige investeringen in de nucleaire sector, gewoonweg niet te extrapoleren zijn.

Het IAEA (2005) heeft een iets optimistischere prognose en ziet (in 2020) een aandeel van 17 procent in elektriciteit. Zoals verderop duidelijk zal worden, zijn er zowel economische als niet-economische obstakels voor een wereldwijde nucleaire strategie. Immers, indien kernenergie strikt en alleen beoordeeld wordt naar het mitigatiepotentieel (in termen van vermeden CO_2 per eenheid inkomen) laat het *Third Assessment Rapport* van IPCC (2001, tabel 3.35c en d) overduidelijk zien dat kernenergie veruit het effectiefst is in vergelijking met de serieuze alternatieven van de minst vervuilende conventionele centrale (qua CO_2), namelijk een CCGT-variant. Voor Annex I-landen kan nucleair (in 2020) ongeveer 181 MtC (extra) vermijden,[1] terwijl CCS (bij een CCGT-centrale) hooguit aan 50 MtC komt en wind aan 61 MtC. Ook bij ontwikkelingslanden blijkt kernenergie het effectiefst in mitigatie. Hydro-, zonne-energie en andere alternatieven scoren zeer laag. De Annex I-landen, die Kyoto geratificeerd hebben, kunnen overigens geen JI of CDM gebruiken voor CO_2-mitigatie door kernenergie voor de verwezenlijking van de doelstellingen van Kyoto (COP-6, Bonn). In het licht van de onbetwiste effectiviteit in mitigatie kan deze uitsluiting op zijn minst niet goed begrepen worden, zo niet als irrationeel worden beschouwd.

Op scenario's kan in deze korte bijlage niet worden ingegaan, met één uitzondering. In een rapport dat veel aandacht heeft getrokken, heeft MIT (2003) een uitvoerige exercitie gedaan omtrent de mogelijkheid om in 2050 een wereldcapaciteit van 1000 GW aan kernenergie te verkrijgen, ongeveer een verdrievoudiging van het huidige vermogen. Aangezien centrales ook moeten worden vervangen, zou dit een geweldig bouwprogramma impliceren met een gemiddeld tempo van zeker 25 centrales (van 1 GW) per jaar, te beginnen vanaf ongeveer 2015. Zelfs dan zou, in het licht van de verwachte onstuimige groei in de elektriciteitsvraag, het nucleaire aandeel slechts licht stijgen. De absolute mitigatie in Mt CO_2 zou uiteraard zeer fors verbeteren. Het rapport acht dit alleen denkbaar indien de marktsector serieus geïnteresseerd raakt in kernenergie en de exercitie gaat vervolgens systematisch alle mogelijkheden af om (economische en niet-economische) obstakels te verminderen of verwijderen die dat in de weg zouden staan. Onze gesprekken met deskundigen lieten weinig twijfel dat momenteel dit scenario uitermate onwaarschijnlijk is.

Eigenlijk kan het mitigatiepotentieel niet goed worden ingeschat indien kwesties van veiligheid, percepties en relatieve prijzen (dus het concurrentievermogen

6

van nieuwe kerncentrales) niet integraal in de analyse worden meegenomen. Op al deze terreinen is er beweging, waarop nog zal worden ingegaan.

Ten slotte wordt het mitigatiepotentieel de eerste 6 à 8 decennia niet bedreigd door de voorraad uranium of thorium. Uit IAEA, *Technological Review*, 2004 blijkt dat in het meest restrictieve geval (de eenmalige brandstofcyclus in een *light water*-reactor) nog voor 85 jaar uranium beschikbaar is op basis van aangetoonde voorraden. Er zijn echter goede redenen om veel grotere voorraden te veronderstellen (die verdrievoudigen dit aantal jaren) en er bestaan tevens onconventionele voorraden. Zonder die laatste mee te tellen en zonder thorium (waar India grote voorraden van heeft, maar tegelijkertijd problemen ondervindt met centrales gebaseerd op deze brandstof) is er deze eeuw geen inputprobleem te verwachten. In beginsel kan kernenergie dus dienen als *hedging*-optie in een lang transitieproces naar duurzame koolstofvrije energie.

3 VEILIGHEID

3.1 REACTORVEILIGHEID

De bestaande voorraad kerncentrales in de wereld opereert op een hoog veiligheidsniveau. Dat moet men ook eisen, natuurlijk. De kans op een ongeluk van ernstige aard is zeer gering in alle ‘westerse’ tweede generatie reactortypen en de veiligheid is significant verbeterd bij de kerncentrales in het voormalige Oostblok (IAEA 2005). Trouwens, verschillende kerncentrales van Russische makelij (zoals de VVER-types van twee generaties alsmede het RBMK-type dat onder andere in Tsjernobyl werd gebruikt) zijn inmiddels gesloten of zelfs ontmanteld of worden beëindigd in een programma over een langere periode. Zo is de Ignalia in Litouwen in 2005 gesloten en een tweede centrale volgt in 2009, ondanks door het IAEA begeleide verbeteringen in de jaren negentig. De risicoanalyses in de nucleaire industrie geven een jaarlijkse kans op een zwaar ongeluk (*core meltdown*) variërend van 1×10^{-4} voor nog een enkele reactor in de VS (zoals Zion) en (meestal) 1×10^{-5} en steeds vaker 1×10^{-6}. Deze verschuivingen zijn het resultaat van verdere verbeteringen in de tweede generatie. De verbetering is ook nodig, want bij een toename van het aantal centrales stijgt de kans op een ongeluk in een van de centrales evenredig. Hoewel deze risicoanalyses buitengewoon moeilijk effectief over te brengen zijn (het zegt de mensen weinig, dit soort kansberekeningen, al zijn ze uiteraard onontbeerlijk voor objectieve meting en toezicht), komt het erop neer dat de verbeterde tweede generatie lagere risico’s kent dan welke andere tak van de energiesector.

Nadere verbeteringen zijn nodig om resterende zwakke plekken te verwijderen, maar bovenal om twee andere redenen: het uitschakelen van de menselijke factor in het meest gevaarlijke deel van de reactor en het wijzigen van de uiterst sceptische percepties van de openbare mening. Derde generatie reactoren (zoals de Pebble-reactor, in experimentele fase in Zuid-Afrika) trachten wat wordt genoemd ‘inherent veilig’ te zijn. Dat wil zeggen: mocht er al ooit een oververhit-

ting in de kern van de reactor plaatsvinden, dan schakelt de reactor zichzelf uit. Nog verder gaat een tweetal programma's voor vierde generatie kernreactors: het vierde generatie programma dat een samenwerkingsverband behelst van onder andere de VS en de EU (en andere landen) met een tijdshorizon van ongeveer 25-30 jaar en het IAEA-langetermijnproject waar Nederland zelf aan deelneemt. De eisen die het vierde generatie programma zichzelf oplegt zijn zeer hoog en betreffen duurzaamheid (met name wat betreft afval), concurrentievermogen en verlaging van de financiële risico's, nog hogere veiligheidseisen en opties om het bijzonder onaantrekkelijk te maken voor terroristische aanslagen en/of misbruik voor wapens. Het is momenteel te vroeg om uitspraken te doen over de verwezenlijking van deze gewenste innovaties. Wel is duidelijk dat reactorveiligheid een afnemende zorg is, des te meer wanneer derde generatie reactoren in gebruik genomen zullen worden. Strikte en regelmatige controles en volstrekte openheid passen daarbij.[2]

In een correcte veiligheidsanalyse dient veiligheid ook relatief ten opzichte van alternatieve aanwending van middelen in de maatschappij te worden beschouwd. Dat wil bijvoorbeeld zeggen dat, met dezelfde bedragen die men wil uittrekken voor een marginale verbetering van veiligheid bij al veilige reactoren, veel meer doden en gewonden kunnen worden voorkomen indien deze elders zouden worden geïnvesteerd (hetzij overstromingsrisico, verkeer, enzovoort). De keuze om toch te investeren in de veiligheid in de nucleaire sector kan dan alleen worden verklaard uit percepties. In een recent deskundigendebat georganiseerd door het Rathenau Instituut (Rathenau 2005) werd door sommigen zelfs verklaard dat veiligheid in de kernenergie niet met waarschijnlijkheidsberekeningen mag worden benaderd! Echter, men kan geld maar eenmaal uitgeven; hoe kunnen dan verstandige keuzes worden gemaakt voor een (wellicht duur) effectief klimaatbeleid?

3.2 NUCLEAIR AFVAL

Blijkens tal van opinieonderzoeken ligt het afvalprobleem aanmerkelijk gevoeliger dan de reactorveiligheid. In dit beknopte bestek gaat het om twee problemen: de keuze tussen oppervlakteopslag en geologische opslag, en de extreem lange duur van door afval geëmitteerde straling. Er is in theorie wel een verband tussen deze twee. Immers, zou de stralingsduur teruggebracht kunnen worden tot (zeg) een of twee generaties in plaats van duizenden, soms tienduizenden jaren, dan wordt de keuze tussen oppervlakte- en geologische opslag eveneens eenvoudiger. Bij de zogeheten transmutatietechniek worden langlevende nucliden naar kortlevende nucliden omgevormd en in een aantal gevallen kan daarmee de levensduur van radioactief afval met een factor duizend worden teruggebracht. Desondanks resteert dan altijd nog stralingsgevaar voor zeker tien generaties, oplopend tot wel duizend jaar. De techniek is bovendien duur. Zolang de verkorting van de stralingsduur niet nog radicaler kan, zal de kwestie van de opslag niet uit de weg gegaan kunnen worden. Toch doen overheden in Europa dat laatste allemaal. De Europese Commissie heeft voorgesteld om uiterlijk in 2018 definitieve (dus

geologische) met opslag aan te vangen in alle lidstaten die radioactief afval (nu nog) tijdelijk hebben opgeslagen. Er is echter veel verzet, vooral door lokale gemeenschappen die een kans maken 'uitverkoren' te worden. De VS hebben een beginselbesluit genomen om binnenkort in Yucca Mountain met zeer diepe geologische opslag te beginnen.

Volgens een vergelijkende analyse in IAEA (2003) is geologische opslag de beste optie. Geologische opslag (in diepe klei-, zout- of granietlagen) is geschikter dan oppervlakteopslag uit een oogpunt van veiligheid (en dat zonder enige menselijke factor na inbrenging), vereist geen onderhoud, hoeft niet over vele generaties in elk detail te worden overgedragen (hetgeen op den duur tot informatiefouten kan leiden) en sluit elke terroristische aanslag uit. In termen van kosten gaat het om hoge variabele kosten voor oppervlakteopslag versus hoge kapitaalkosten voor ondergrondse opslag. Niettemin is er veel verzet tegen permanente opslag. Klaarblijkelijk beschouwen velen oppervlakteopslag als een logisch onderdeel van een kernreactor (en vertrouwen, ondanks alles, dat toch meer dan permanent, diep opslaan). In feite wenst men dat afval daar te laten, want ook tegen afvaltransport bestaat veel verzet (hoewel dat ook met opwerken te maken heeft, wat bij permanente opslag niet aan de orde zou zijn).

De hoeveelheid radioactief afval met langdurige straling is beperkt. Al het afval dat de nucleaire sector in de hele wereld in ruim vier decennia heeft geproduceerd (40.000 metrieke ton) past in een ruimte van een voetbalveld met een diepte van vier meter. Zou men op meer kernenergie inzetten voor (zeg) 60-80 jaar, dan zou wellicht nog eens viermaal deze hoeveelheid moeten worden opgeslagen (de hoeveelheid hangt overigens wel af van de gekozen techniek, want kweekreactors genereren minder afval). Afhankelijk van hoe ver men wil gaan met het ruimtegebruik voor permanente opslag, is het moeilijk voor te stellen dat dit onoplosbaar zou zijn.

3.3 PROLIFERATIE EN TERRORISME

De wereldconferentie ter verbetering van het non-proliferatieverdrag in mei 2005 is in feite op een mislukking uitgelopen. Dit heeft onder andere te maken met de relatief geringe disciplines die de vijf kernmogendheden zichzelf tot nu toe hebben opgelegd, het blijven weigeren om toe te treden tot het verdrag door sommige landen, recalcitrant gedrag door een enkel NPV-lid (nu Iran) en enkele zwakheden in dit verdrag die niet zijn verholpen. Daarnaast is er nog steeds de vrees dat omkoping, diefstal (bijvoorbeeld in Rusland van oude voorraden), het te gelde maken van expertise (de beruchte praktijken van Dr. Khan) en spionage toch tot proliferatie kunnen leiden. Proliferatie slaat op kernwapens en niet op vreedzaam gebruik van kernenergie (maar dan met openheid en onafhankelijke inspecties).

Het verband tussen deze twee heeft te maken met het opwerken van splijtstof (gewone uranium) tot hoogverrijkt uranium (93% U-235 in plaats van 4%) of

plutonium, maar dan met een andere samenstelling (voor kernwapens nagenoeg geen zwaardere Pu-isotopen) (zie voor details Rathenau 2004 en IAEA 2005). Daarom pleiten de VS tegen het opwerken van uranium (bijvoorbeeld kweekreactoren), aangezien dit de drempel voor terroristen om een kernbom te maken zou verlagen. Dit argument is niet sterk, om een serie van redenen die hier niet uitgewerkt kunnen worden (zoals het niet-lineaire karakter van opwerking, misbruik van bestaande civiele infrastructuur, het bestaan van researchreactoren – die tot 20 procent opwerken – en het technisch niet al te lastige van opwerking op zich).

Indien terroristen zich zouden interesseren voor een directe aanslag op een centrale, is de kans op fatale schade aan de reactor gering (reactors zijn extreem solide gebouwd). Anders ligt het wellicht in het geval van een bom op opgeslagen afval naast de centrale. Het stelen van afval om een 'vuile' bom te maken is uitgesloten wegens het stralingsgevaar, tenzij mensen zich bewust opofferen, maar zelfs dan is het vervoersprobleem nauwelijks oplosbaar.
Alles bijeen is het duidelijk dat er gevaren zijn die eigenlijk niet geheel uit te sluiten zijn. De vraag is echter of deze gevaren daadwerkelijk een functie zijn van een ruimere toepassing van civiele kernenergie in de toekomst. Waarschijnlijk is dit nauwelijks of niet het geval.

4 ECONOMISCHE TOETS

De hoofdvraag is of kernenergie levensvatbaar is als private leverancier van elektriciteit en, mocht dat niet het geval zijn, wat de samenleving ervoor over zou moeten hebben om kernenergie in te zetten voor CO_2-mitigatie. Het blijkt dat, tot nu toe, kapitaalverschaffers niet geïnteresseerd zijn in kernenergie als marktproduct. Weliswaar zijn in de VS veel centrales privaat bezit, maar deze hebben allerlei vormen van subsidies of risicodekking of hadden die voor verzonken kosten. Ook de aansprakelijkheid is, zowel in Europa als de VS, beperkt tot een maximum, aangezien nucleaire rampen niet verzekerbaar zijn. Ook in de VS staan investeerders niet te trappelen om in deze sector in te stappen. De belangrijkste (maar zeker niet enige) reden is dat de initiële kapitaalsinvestering veel hoger is dan bij kolen- of gascentrales, zodat het veel langer duurt voordat men aan de investering begint te verdienen. Wel blijkt uit MIT (2003) dat deze initiële investering fors gereduceerd kan worden door in serie te bouwen op basis van standaardontwerpen (zoals in Frankrijk is geschied maar, vreemd genoeg, niet in de VS). Zou men over deze investeringsdrempel heen kunnen stappen, dan heeft kernenergie voordelen, zoals het geringe aandeel (10-15%) van de brandstofkosten in de kostprijs van de elektriciteit, vergeleken met ongeveer twee derde bij gas. De kwetsbaarheid voor prijsschommelingen bij gas is daarmee groot en die voor kernenergie klein (bovendien schommelen gasprijzen met die van olie mee, terwijl uraniumprijzen veel stabieler zijn). Tabel 1 geeft een beeld van de opbouw van de elektriciteitskosten van kernenergie in zes landen.

Tabel 1 Elektriciteitskosten van kernenergie

Land	Disconto (%)	Investering (%)	Lopende kosten en onderhoud (%)	Brandstof (%)	Kosten elektra (dollarcent per kWh)
Canada	5	67	24	9	2,5
	10	79	15	6	4,0
Frankrijk	5	54	21	25	3,2
	10	70	14	16	4,9
Korea	5	55	31	14	3,1
	10	71	20	9	4,8
Spanje	5	54	20	26	4,1
	10	70	13	17	6,4
Turkije	5	61	26	14	3,3
	10	75	17	9	5,2
Verenigde Staten	5	55	27	19	3,3
	10	68	19	13	4,6

Bron: Tarjanne en Luostarinen (2003)

Omdat de initiële investeringskosten zo enorm zijn (denk aan 2 miljard euro voor 1 GW), speelt de discontovoet een belangrijke rol. Een discontovoet van 10 procent wordt tegenwoordig als te hoog bestempeld. Verder zijn de kosten van ontmanteling (ruwweg een vierde van de bouwkosten) een wisselende factor, omdat de eisen hierbij sterk verschillen van land tot land. Bij een lage discontovoet kunnen ontmantelingskosten die vanaf het begin zijn meegenomen tot 3 procent van de kostprijs bedragen. De economische toets wordt gunstig beïnvloed door twee recente verbeteringen, namelijk de productiviteit per jaar (in Finland haalt men al *load factors* van 90%) en de steeds langere levensduur (60 jaar wordt gewoon, dit is beduidend langer dan gas- of kolencentrales).

Uiteindelijk wordt de concurrentiepositie bepaald door de directe kosten per kilowattuur. Indien kernenergie aan een prijs van iets beneden 4 eurocent per kWh kan geraken, is zij concurrerend met gas. Empirische studies lopen nogal uiteen, omdat levensduur, discontovoet, *load factors* en ontmanteling ongelijk benaderd worden. In de MIT-studie (2003) bijvoorbeeld is de levensduur veertig jaar (dat lijkt te kort en drijft daarmee de prijs op), de *load factor* 85 procent, en wordt verondersteld dat in de toekomst in serie wordt gebouwd (in hun studie met vele reactors te bouwen per jaar voor vele jaren is dat essentieel). Toch is dan nog een koolstofprijs van 50 dollar per ton C nodig om concurrerend te worden met gas op 4 (dollar)cent. Andere studies (OECD 1998; University of Chicago 2004; en Tarjanne en Luostarinen 2003) leveren wisselende resultaten op. De Chicago-studie laat goed zien dat schaal en standaardisatie zeer forse besparingen opleveren; bij zestig jaar levensduur is nucleaire energie concurrerend met gas.

De indirecte (of externe) kosten van kernenergie (met betrekking tot milieu, gezondheid) zijn laag. Neemt men deze mee in de economische toets (hetgeen op basis van marktfalen inderdaad zou moeten), dan wordt nucleaire energie meteen concurrerend met kolen en olie, evenals in de meeste gevallen met gas (Externe E European Commission 2003). Neemt men directe en externe kosten tezamen, dan is opnieuw onduidelijk waarom kernenergie is uitgesloten van het gebruik van JI en CDM in het Kyoto-protocol.
Ten slotte zijn er andere maatschappelijke baten zoals energiezekerheid die niet in de private prijs van elektriciteit zijn verdisconteerd.

5 EVALUATIE VAN KERNENERGIE ALS MITIGATIEOPTIE

In vergelijkende zin met alternatieve energie (die weinig of geen koolstofuitstoot met zich meebrengt) is kernenergie voor vele decennia *een zeer effectieve mitigatieoptie* in een wereldklimaatstrategie. Hoeveel extra mitigatie tot 2050 zou kunnen worden bereikt, is echter zo afhankelijk van percepties en overheidsgaranties dat hierover nu moeilijk harde uitspraken kunnen worden gedaan. De veiligheidsrisico's lijken steeds beter beheersbaar voor de reactor zelf, maar nog steeds problematisch voor radioactief afval. Permanente opslag van afval stuit op percepties die ertoe leiden dat tijdelijke oppervlakteopslag (die enige kwetsbaarheden kent) toch de voorkeur verdient. Veel lastiger is het de risico's in te schatten van proliferatie en terrorisme, omdat bijna geen enkele veronderstelling volmaakt waterdicht is. Dit betekent weliswaar niet dat het ontberen van waarschijnlijkheden de risico's groter maakt, wel dat het rationeel weerleggen van allerlei onbestemde gevoelens, die soms de kop opsteken, onmogelijk wordt. De economische mogelijkheden om kernenergie concurrerend te produceren nemen toe door onder andere schaal en standaardisatie, productiviteitsverbeteringen en langere levensduur. In het kader van een consistente klimaatstrategie (die bijvoorbeeld een koolstofbelasting of handel in emissierechten impliceert, naast een correcte inschatting van de kosten van gezondheidsrisico's) zal kernenergie vrijwel altijd concurrerend kunnen worden met gas, en zeker met kolen en olie of, des te meer, hernieuwbare energie (behalve hydro, maar die valt lastig uit te breiden).

Gezien dit potentieel kan de grote aarzeling omtrent kernenergie alleen worden teruggevoerd op percepties. Gevoeligheden over afval en terrorisme blijven groot, die over reactorveiligheid nemen af, maar zijn zeker niet verdwenen. Kleine incidenten, lekkages of kritische rapportages ondermijnen het vertrouwen bij het grote publiek onmiddellijk, al is dat veel minder het geval in Azië dan in Europa en de VS. Percepties leiden tot politieke druk en dat leidt weer tot nadere aanscherpingen die eerder maatschappelijk dan technisch bepaald zijn. Hoewel EURATOM in 1957 juist is opgericht om kernenergie in de EU te bevorderen, is dit nooit goed van de grond gekomen. De landen in de Unie vertonen alle schakeringen, van geen nucleaire activiteiten tot het hoogste aandeel van kernenergie in de elektriciteitsvoorziening in de wereld (Frankrijk). In de Unie zijn er landen die afbouwen (of althans zeggen dat te doen) naast landen die nieuwe centrales

bouwen, zoals de Tsjechische Republiek, Finland – geheel privaat! – en Frankrijk, terwijl het VK een nieuwe nucleaire strategie wil opzetten. De lidstaten misbruiken wat zij noemen 'subsidiariteit' om volstrekt gerechtvaardigde hoge (EU-)minimumveiligheidseisen te blokkeren en in te ruilen voor vrijwillige IAEA-normen. Ook bestaan er (nog) geen EU-richtsnoeren over 'ontmanteling', hetgeen de transparantie over kostprijzen in een geliberaliseerde markt onmogelijk maakt. Waarom de EU als leider van de Kyoto-landen die mitigatieverplichtingen op zich hebben genomen, kernenergie zonder meer van de mitigatieopties heeft uitgesloten, is behalve inconsistent ook duister.

Kernenergie zal aan mitigatie bijdragen op wereldniveau, omdat in Azië en wellicht elders centrales zullen worden bijgebouwd en de levensduur van vele bestaande centrales opgerekt zal worden. De EU-strategie, die overigens hoofdzakelijk op landenniveau wordt beslist op dit punt, zal hier weinig toe doen, laat staan een eventuele Nederlandse uitbreiding van het aantal kerncentrales. Tot nu toe heeft het broeikaseffect in de politieke praktijk niet als gewichtig argument gefungeerd om kernenergie positiever te bekijken. Hoewel in Europa een verschuiving te zien is in bijvoorbeeld het VK en nu ook Nederland. De tot nu toe zwakke verbinding tussen kernenergie en klimaatbeleid kan overigens spoedig versterkt worden, maar dan in een andere redenering. Die redenering vangt aan bij het belang van energiezekerheid die tot op heden (en zelfs voor decennia geëxtrapoleerd) nogal zorgeloos is genegeerd. Het is moeilijk voorstelbaar dat Europa, hard op weg naar afhankelijkheden in de orde van 70 procent tot zelfs 90 procent, het gewicht van deze doelstelling niet zeer fors zal opschroeven. Dit kan het gevolg zijn van toegenomen strategisch besef, van eventuele prijsstijgingen of schommelingen of van chicanes door verre leveranciers – of alle drie, om het over politiek misbruik van machtsposities maar niet te hebben. Daarbij kunnen de klimaatbaten dan als nevenbaten worden beschouwd. De vraag is vervolgens of percepties ook het nastreven van energiezekerheid met onder andere een grotere nadruk op kernenergie zullen bemoeilijken.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Alic, J., D. Mowery en E. Rubin (2003) *US technology and innovation policies, lessons for climate change*, PEW Center on Global Climate Change, Washington D.C.

Beurskens, M., H. de Coninck en E. Boeker (2004) *Energieopties voor de 21e eeuw*, Amsterdam, W. Beckman Stichting.

Blyth, W. en N. Lefevre (2004) *Energy security and climate change policy interactions, an assessment framework*, Paris: IEA.

Boeker, E. (2005) *Kernenergie, wat moeten we er mee?*, document voor WRR-expert workshop (ongepubliceerd).

Bruggink, J. en B. van der Zwaan (2001) *The role of nuclear energy in establishing sustainable energy paths*, Petten/Amsterdam: ECN & IVM.

Comby, B. (2001) *Environmentalists for nuclear energy*, Paris: TNR editions.

Council of the EU (2004) *Revisions of draft directive based on Commission proposal on the safety of nuclear installations* (as COM (2003) 32 of 30 January 2003) and of the draft directive on the management of spent nuclear fuel and radioactive waste (as in, idem), 30 January 2004, no. 5585/04 (ATO 9; ENER 20; ENV 40).

European Commission (2003) *External Costs; research results on socio-environmental damages due to electricity and transport*, ExternE.

European Commission (2004) *Amended proposal for a Council directive (EURATOM) laying down the basic obligations and general principals on the safety of nuclear installations; amended proposal (idem) on the safe management of spent nuclear fuel and radioactive waste,* COM (2004) 526 of 8 September 2004.

European Commission (2004) *Report on the use of financial resources earmarked for the decommissioning of nuclear power plants*, COM (2004) 719 of 26 october 2004.

Hoyos Perez, J. (2003) *A European perspective on the funding of decommissioning and related activities of the end of the nuclear cycle*, European Commission, paper for the NEA seminar on decommissioning in Tarragone.

IAEA (2001) *Analysis of Uranium supply to 2050*, Wenen.

IAEA (2003) *The long-term storage of radioactive waste: safety and sustainability, a position paper of international experts*, Wenen.

IAEA (2004) *Nuclear Technology Review*, Wenen.

IAEA (2005) Nuclear Safety Review for the year 2004, Wenen.

IEA (2004) *World Energy Outlook*, Paris, IAE/OECD.

IPCC (2001) *Third Assessment Report* (TAR).

Kessels, J. en S. Bakker (2005) *ESCAPE, energy security & climate policy evaluation*, Petten: ECN.

Lempert, R., S. Popper, S. Resetar en S. Hart (2002) *Capital cycles and the timing of climate change policy*, PEW Center on Global Climate Change, Washington D.C.

McGuire, M. (2005) The rise and the fall of the NPT, an opportunity for Britain, *International Affairs* 81, 1: 115-140.

MIT (2003) *The future of nuclear power*, study group co-chaired by John Deutsch & Ernest Moniz, Cambridge (USA).

NEA (2003) *Nuclear electricity generation: what are the external costs?*, Paris, NEA.

NRC Handelsblad (2003) Thema Kernenergie, blz. 46-48, bijlage weekend 15/16 februari 2003.

Rathenau Instituut (2005) Verslag bijeenkomst over Kernenergie in Nederland, op www.rathenau.nl.

Samore, G., B. Tertrais en V. Orlov (2005) *The future of the nuclear proliferation regime*, Working Paper, no. 12, European Security Forum, april.

Slingerland, S.O. Bello, M. Davidson, K. van Loo, F. Rooijens, M. Sevenster en CE (2004) *Het nucleaire landschap, verkenning van feiten en meningen over kernenergie*, april, Den Haag: Rathenau Instituut.

Sokolov, Y., A. Omoto, J. Kupitz en F. Depisch (2005) *The IAEA international project on innovative nuclear reactors and fuel cycles (INPRO): status and outlook*, paper conference on nuclear engineering, Peking, 16 – 20 mei, 2005.

Stichting Natuur en Milieu, Greenpeace Nederland, Vereniging Milieudefensie, de 12 provinciale Milieufederaties en WISE (2005) *Kernenergie, niet doen*, maart 2006.

Tarjanne, R. en K. Luostarinen (2003) *Competitiveness comparison of the electricity production alternatives*, Lappeenranta University of Technology, Research Report EN B-156.

Taylor, D. (2003) *Radioactive waste management and early decommissioning of nuclear facilities in the candidate countries*, European Commission, speech, February.

Taylor, D. (2004) *Radioactive waste management and decommissioning in an enlarged EU*, Brussels, European Commission (Euratom), speech, April.

University of Chicago (2004) *The economic future of nuclear power*, Chicago.

Viscusi, W.K. en R. Zeckhauser (2005) *The perception and valuation of the risks of climate change: a rational and behavioral blend*, Washington D.C., AEI-Brookings Center for Regulatory Studies, Working Paper 05–35, December.

WNA (2004) *The economics of nuclear power*, September, World Nuclear Association (www.world-nuclear.org).

NOTEN

1 De veronderstelling is dat te sluiten of nieuw geplande centrales op gas of kolen basis door kerncentrales vervangen zouden worden, dan wel door de alternatieven.

2 Het is dan ook uiterst bedenkelijk dat onder andere Duitsland en het VK zich heftig hebben verzet tegen de gerechtvaardigde voorstellen van de Europese Commissie om gezamenlijke (hoge) minimumnormen voor nucleaire veiligheid, boven op de huidige partiële normen, in de EU in te voeren. De grensoverschrijdende effecten waar deze normen voor (of liever, tegen) bedoeld zijn, staan geen enkele twijfel toe over een hoog minimumniveau voor allen en strikte centrale controles gezien het belang voor allen. Zie het zogeheten *nuclear package* van 28 oktober 2004 en COM (2004) 526.

BIJLAGE 7: EXTRA OPSLAG VAN KOOLSTOF DOOR FOTOSYNTHESE, MET NAME IN BOSSEN

1 INLEIDING

Opslag door fotosynthese is een verzameling van een viertal mitigatieopties:
- het tegengaan van ontbossing;
- het planten van nieuw bos;
- het gebruik van hout als constructiemateriaal;
- het bevorderen van akkerbouw zonder ploegen.

Drie van de opties hebben te maken met bos. Bossen zijn een opslagplaats van koolstof,[1] ze vormen het grootste deel van de *terrestrial sink* (zie paragraaf 4.3). Bomen halen de koolstof die ze voor hun groei nodig hebben uit de lucht. Volgroeide bomen nemen per saldo geen koolstof meer op. Bij het sterven of kappen van bomen gaat het omgekeerd: de opgeslagen koolstof komt vroeg of laat door vertering of verbranding in de atmosfeer terecht. Zolang de opengevallen plaats in het bos weer wordt bezet door nieuwe bomen, blijft uiteindelijk de opgeslagen hoeveelheid koolstof gelijk. Neemt de hoeveelheid bos toe, dan wordt per saldo meer koolstof onttrokken aan de atmosfeer. Neemt de hoeveelheid bos af, dan komt er extra koolstof in de atmosfeer.

2 OMVANG VAN ONTBOSSING

Het valt niet mee hier een scherp beeld van te krijgen. Over het algemeen wordt uit de publicaties over dit onderwerp niet helder of men alleen doelt op effecten van ontbossing of op alle effecten van *land use change*; of men dan doelt op de mondiale ontbossing of alleen in de tropen en of het daarbij gaat om het saldo (netto-ontbossing na aftrek van herbebossing; en als het opgegeven cijfer een saldo betreft: of men dan alleen de herbebossing in het Zuiden ervan aftrekt of ook die in het Noorden; ook wordt vaak niet aangegeven hoeveel de herbebossing bedraagt, enzovoort).

Doorgaans wordt gesteld dat ontbossing een C-emissie met zich meebrengt van 1-2 GtC per jaar; ook 1,6 GtC komt men vaak tegen, terwijl recent satellietonderzoek duidt op 0,9 GtC. Volgens de meest recente rapportage, van de FAO (december 2005), leidt de mondiale ontbossing – na aftrek van herbebossing in Noord en in Zuid – tot een emissie van 1,1 GtC. Uit de daarbij gepresenteerde grafieken valt af te leiden dat de ontbossing in de tropen, inclusief plantages en herbebossing, een emissie geeft van rond de 1,3 GtC per jaar, en bruto van 1,5-1,6 GtC (FAO 2005).[2] Dat is zo'n 20 procent van alle CO_2-emissies.

Tekstbox 1 De kennelijke relevantie van absorptie van koolstof op het land

De historische bijdrage is groot
Rond 1700 was van het mondiale bosareaal 7 procent verloren gegaan. Sindsdien is het mondiale bosareaal met zo'n 15-18 procent gereduceerd, aldus het overzicht van Williams (2000).[3] Die ontbossing heeft, sinds 1850 tot 2000, naar schatting een bijdrage aan de toename van CO_2 in de atmosfeer gehad van 45 procent.

Een rekenvoorbeeld
De jaarlijkse absorptie van koolstof op het land is mondiaal 60 Gton per jaar (bij een totaal reservoir van 600 Gton in vegetatie en 1600 in de bodem). Indien dat verhoogd zou kunnen worden (door herbebossing/verdichten van bos, andere landbouwpraktijken,[4] en door gebruik van hout in duurzame producten en voor bio-energie) met 2 procent per jaar, dan betekent dat een extra jaarlijkse opname van 1,2 Gton. Dat is 35 procent van de hoeveelheid koolstof die nu jaarlijks in de atmosfeer accumuleert. Om via fossiele emissiereductie een gelijk effect te bereiken, zou het mondiale emissieniveau maar liefst 35 procent lager moeten komen te liggen.[5]

Een voorbeeld uit de praktijk
Volgens een recent onderzoek (Cicero) wordt in Noorwegen rond 40 procent van de broeikasemissies gecompenseerd door extra bomen, vooral dankzij veranderingen in bosbouwpraktijken, maar ook door omzetting van grasland in bos en extra aangroei dankzij de klimaatverandering zelf (slechts een klein deel hiervan valt onder de regels van Kyoto).

3 ACHTERGRONDEN VAN ONTBOSSING

Zeker twee derde van alle ontbossing is toe te schrijven aan het omzetten van bos- in landbouwgrond. Veruit dominant daarbij is *slash-and-burn* door de armste boeren[6] – die hoofdzakelijk subsistentielandbouw bedrijven en de velden vaak al na 2-3 jaar weer moeten opgeven, waardoor er steeds weer nieuw areaal nodig is (Roper en Roberts 1999; FAO 2003). De FAO schat het belang daarvan op zo'n 90 procent. De belangrijkste andere factoren zijn de omzetting van bosgrond in grond voor commerciële landbouw: suiker, palmolie, rubber, koffie, cacao, bananen, citrusvruchten (Roper en Roberts 1999). Zo is in Indonesië het areaal aan palmolieplantages enorm gestegen in de laatste vijftien jaar. De belangrijkste drijfkracht achter de groei van hout- en/of landbouw of – in Latijns-Amerika – veeteelt was de groei van de nationale markt, en niet of nauwelijks de wereldmarkt;[7] met uitzondering van Brazilië – daar zou sinds eind jaren negentig een sterke stijging van de vleesexport een belangrijke rol spelen. In Afrika is grazend vee in gebieden met droge bossen en savannen een belangrijke factor. Ook speelt oprukkende verstedelijking een rol; niet-duurzame houtkap om aan hout te komen; waterkracht; mijnbouw en oliewinning; en bosbranden[8] (Roper en Roberts 1999; Brown et al., Malhi, Meir, Brown 2002).[9]

Tekstbox 2 Vaak genoemde zondebokken voor ontbossing

Houtsprokkel: bijna 3 miljard mensen zijn voor hun energie daarop aangewezen; sprokkelen leidt niet tot verdwijning, maar wel tot verarming van bos.
*Logging (*kap van waardevolle bomen) leidt tot degradatie van het woud, maar is geen directe oorzaak van ontbossing. De intensiteit is vooral hoog in Zuidoost-Azië. Ontbossing komt eerder door een gebrek aan vraag naar hout, waardoor men met bosbouw onvoldoende opbrengst kan realiseren.
Plantages, met name ten behoeve van de papierindustrie. Die spelen juist géén rol in ontbossing. Integendeel, plantagebouw kan juist bijdragen aan zorgvuldiger bosbeheer, waardoor roofbouw op bestaande bossen voorkomen wordt.

4 TRENDS IN ONT- EN HERBEBOSSING

Al eeuwenlang is een proces van ontbossing door boskap en -branden gaande, waarbij het hout en de vrijkomende grond voor andere doelen worden gebruikt. In rijkere landen neemt het bosareaal sinds een jaar of veertig toe, in sommige landen al veel langer. Maar in ontwikkelingslanden is het proces nog volop gaande, vooral in Afrika en Zuid-Amerika.

Het verlies aan tropisch woud kan geschat worden op zo'n 0,45-0,7 procent per jaar (FAO). Het proces van ontbossing vertraagt de laatste vijftien jaar enigszins. In de periode 1990-2000 bedroeg de ontbossing per jaar bruto 0,38 procent van het totale mondiale bosoppervlak, en netto 0,22 procent (FAO 2003).[10] Dat was al iets minder dan in de periode 1980-1990. Van 2000 tot 2005 was dat significant gedaald naar 7,34 miljoen hectare per jaar. De netto-ontbossing bedraagt nu volgens de FAO 0,18 procent per jaar (FAO 2005).

De meeste ontbossing voltrekt zich in een beperkt aantal landen. Daar ligt het tempo hoog: er zijn gebieden met een tempo van 2,5 procent of meer per jaar (tot 4% per jaar in delen van het Amazonegebied, 4,7% in Madagaskar, 3,2-5,9% in de binnenlanden van Sumatra. Brazilië rapporteert een afname van de ontbossing in het Amazonegebied met 50 procent in het laatste jaar (Roper en Roberts 1999; FAO 2005).

Verwacht mag worden dat in een BAU-ontwikkeling de trage, maar gestage daling van het ontbossingtempo zal doorgaan. In bijna alle IPCC-scenario's verwacht men dat er in 2100 mondiaal meer bos zal zijn. De ervaring leert namelijk dat bij een stijgend inkomen per hoofd er in elk land een moment komt waarbij men voor laag-productieve landbouw geen bossen meer kapt (Meyer et al. 2003). Zou de dalende trend zich in een BAU-ontwikkeling doorzetten, dan zal in 2050 het jaarlijks verlies aan bos de helft zijn van nu (Pacala en Socolow 2004). De daarmee verbonden C-emissie zou dan dalen van de huidige 1,1 GtC per jaar tot 0,5 Gton per jaar.

5 HET MITIGATIEPOTENTIEEL VAN NATUURLIJKE OPSLAG, MET NAME IN BOS EN HOUT

Het IPCC (2001) meent dat tussen 1995 en 2050 het potentieel 1,1-1,6 GtC per jaar bedraagt. De FAO (2005) schat dat bossen voor de komende vijftig jaar tot 15 procent van C-emissies kunnen wegnemen. Pacala en Socolow (2004) schatten het totale mondiaal potentieel van enerzijds het tegengaan van ontbossing en anderzijds het bevorderen van herbebossing en dergelijke tot 2050 op 2 GtC, waarvan ongeveer 80 procent in tropen.[11] Het veiligstellen van voldoende wereldvoedselproductie bij een groeiende wereldbevolking werpt hierbij geen wezenlijke barrière op: de landbouwproductie kan voldoende groeien, mits een gestage groei van de productie per hectare kan worden gerealiseerd met bijvoorbeeld mondiaal gemiddeld 1,6-1,8 procent per jaar zonder extra grond (Ausubel 2002). Voor een nadere argumentatie zie bijlage 5 over bio-energie.[12]

Hiermee is het potentieel van natuurlijke koolstofopslag niet uitgeput. Bovenstaande cijfers geven namelijk een schatting voor de twee eerste manieren waarop mitigatie door natuurlijke koolstofopslag kan plaatsvinden: (a) minder ontbossing en (b) herbebossing. Er zijn echter nóg twee opties: (c) meer gebruik van hout als constructiemateriaal en (d) veranderingen in akkerbouw. Er volgt nu een meer gedetailleerde weergave van het potentieel.

Het afremmen van ontbossing

Deskundigen achten het mogelijk de vertraging in ontbossing in een stroomversnelling te brengen, zodanig dat het proces rond 2050 tot staan is gebracht. Dat zou een afname van de C-emissie betekenen ten opzichte van BAU met 0,5-0,6 GtC. Om de druk op bossen te verminderen is de uitbreiding van het aantal plantages nodig en moet veel geïnvesteerd worden in agrarische ontwikkeling (zie ook paragraaf 7 van deze bijlage).

Aangroei van bos qua areaal en dichtheid

Hoe meer bomen wortel schieten, hoe meer koolstof wordt onttrokken aan de atmosfeer. Voor de komende decennia is er nog veel grond die voor weinig anders geschikt is dan voor bos. Mitigatie is dus gediend met herbebossing van kapvlaktes, aanleg van nieuwe bossen bijvoorbeeld op vrijkomende landbouwgrond elders, beter bosbeheer (regeneratie, meer bomen per hectare, minder afval bij houtkap), *agroforestry*, plantages en ruimte geven voor natuurlijke aanwas. Pacala en Socolow schatten het mondiale potentieel voor de komende vijftig jaar op 30-40 GtC tot 2050, dat is tegen die tijd zo'n 1-1,5 GtC gemiddeld per jaar. Daarvan:

- 12-13 Gton extra in de gematigde klimaatzone, op 400 Mha: dat is 0,5 GtC per jaar in 2050;
- 12-13 Gton in de tropen, op een kleiner oppervlak (mede door snellere groei, andere soorten, hogere bomen en dergelijke): 0,5 GtC per jaar;
- 13 Gton nieuwe plantages plus op nu nog onbeboste grond op 300 Mha (dit is 5 x zo veel als de huidige 61 Mha aan plantages). De huidige mate van expansie van plantages levert een opslag op van 0,2 GtC op per jaar.

Andere landbouwpraktijken

Minder traditioneel ploegen, meer zogeheten *conservation tillage*[13] heeft, zo is gebleken, een belangrijk potentieel. Pacala en Socolow schatten het potentieel op 20-30 Gton tot 2050, dat is gemiddeld 0,5-1 Gton per jaar.

Gebruik van hout als constructiemateriaal

Hout is een hernieuwbaar materiaal waarvan het gebruik een dubbel effect heeft op mitigatie. Ten eerste: hoe meer hout in gebruik is, des te meer koolstof er is opgeslagen. Afvalhout blijkt op stortplaatsen heel traag verteerd te worden, veel trager dan tot voor kort werd gedacht (Gardner et al. 2002). Wordt afvalhout verbrand, dan komt de koolstof vrij, maar als die verbranding plaatsvindt in het kader van de energievoorziening, dan fungeert dat afvalhout als C-neutrale bio-energie. Ten tweede: hout als materiaal beschikbaar krijgen is zeer veel minder energie-intensief dan materialen zoals staal, aluminium, cement en dergelijke (Macqueen et al. 2004; Bowyer et al.).[14] Dit type overwegingen speelt echter in de bedrijfspraktijk bij de keuze van materialen pas een rol wanneer de koolstofprijs gaat doorwerken in de prijs van staal, beton, cement en aluminium.

Deze vorm van mitigatie door opslag wijkt in zoverre af van de andere drie vormen van *sinks* dat uit volgroeide bossen en plantages een voortdurende stroom van hout gehaald kan worden.
De totale gemiddelde jaarlijkse *sink* van deze vier opties kan in 2050 een omvang bereikt hebben van 2,5-3,0 GtC (Socolow): ruim een derde van de te realiseren reducties.[15]

Kosten van opslag in bos

Tropische bosbouw is een vrij goedkope optie: men schat dat de kosten lopen van 3-35 dollar per ton CO_2; en dat zónder rekening te houden met de baten van de houtopbrengst (Sedjo 2001). Indien men erin zou slagen om de handel in emissierechten uit te breiden tot deze vorm van CO_2-reductie, dan zal dat zonder twijfel een sterke stimulans betekenen. Tot dat moment zou eigenlijk voorkomen moeten worden dat bosgrond benut wordt voor doeleinden met een waarde onder ‘die’ CO_2-prijs (Sedjo 2001).

6 HET ZWAKKE PUNT VAN OPSLAG IN BOS

Als men deze optie gaat inzetten, dan moet men goed weten waar men aan begint. De bomen ‘groeien niet tot in de hemel’. Op een gegeven moment is elk bos volgroeid en is er geen ruimte voor nog meer bossen. Dan is het met deze optie echt ‘op’, veel meer dan wat als het maximumaantal windmolens of biomassacentrales (met hun eigen *sink* in de vorm van plantages) is bereikt. Windmolens en centrales blijven CO_2-emissies voorkomen, ook als er geen enkele meer bij geplaatst kan worden – jaar in jaar uit, zolang ze draaien en tijdig vervangen worden. En worden ze afgedankt, dan worden de eerder vermeden emissies niet later alsnog uitgestoten. Is daarentegen het maximale bosareaal bereikt en zijn de desbetreffende bossen volgroeid, dan nadert de jaarlijkse

absorptie zélf aan nul. De optie 'fotosynthese' draagt dan vrijwel niets meer bij aan mitigatie (en mocht het bos ooit gekapt worden, dan komt zelfs de eerder opgeslagen CO_2 alsnog vrij).

Om deze terugval in mitigatie te voorkomen moet men ervoor zorgen dat de mitigerende rol tijdig kan worden overgenomen door andere opties. En wil men er zeker van zijn dat die emissie blijvend vermeden wordt, dan moet langs juridische of economische weg erin worden voorzien dat kap alleen plaatsvindt als de daarmee verbonden C-emissie elders gecompenseerd wordt. Deze punten zijn alleen relevant voor opslag in bos, niet voor opslag in hout als constructiemateriaal (zoals gezegd: uit volgroeide bossen en plantages kan immers een voortdurende stroom van hout gehaald worden).

7 DWARSVERBANDEN

De optie 'tegengaan van ontbossing' is nauw verbonden met 'onderontwikkeling'. Het werken aan deze optie moet dus onderdeel zijn van een breder beleid gericht op sociale en economische ontwikkeling. Sterker, omdat de 'marginale' landbouw juist bedreven wordt op subsistentieniveau, dus door 'gemarginaliseerden' in die samenlevingen, kan deze optie alleen slagen als ze hand in hand gaat met bijdragen aan de lokaal-regionale ontwikkeling. Om te voorkomen dat telkens weer akkers gevestigd worden op grond die daar nauwelijks geschikt voor is, is minimaal nodig dat de bestaande landbouwgrond een hogere opbrengst per hectare genereert. De bosbouw kan bijdragen aan lokale werkgelegenheid en het voorkomen van vernietiging van lokale hulpbronnen in de vorm van niet-duurzame houtkap ten behoeve van niet-duurzame landbouw. Voorwaarden zijn een hogere opbrengst per hectare voor de bestaande landbouwgrond alsmede een grotere, stabielere markt voor hout (vooral te betrekken van plantages) en voor koolstofopslag.[16] Het tegengaan van ontbossing draagt bij aan het behoud van landschappelijke waarden en de vele andere ecologische diensten die het tropisch woud vervult.

Synergie met andere opties

Het koesteren en doen toenemen van bos biedt mogelijkheden voor duurzame substitutie van fossiele energie. Ten eerste voor zover hout benut wordt als constructiemateriaal, aangezien voor de fabricage van andere materialen zoals beton, plastics, staal, aluminium en dergelijke relatief veel fossiele energie nodig is. Bovendien is er ook nog eens koolstof in opgeslagen. Ten tweede: hout, met name van plantages (en houtafval van bosbouw en dergelijke), zal de belangrijkste leverancier zijn voor de optie 'bio-energie' (zie verder bijlage 5 over biomassa).

8 CONCLUSIE

Het bevorderen van de opslag van koolstof op land – door het tegengaan van ontbossing, het zorgen voor nieuw bos, het bevorderen van akkerbouw zonder

ploegen – en het gebruik van hout als constructiemateriaal, heeft een geschat potentieel dat op kan lopen tot 2-3 GtC per jaar. Maar later deze eeuw zullen de opties (met uitzondering van opslag in hout als constructiemateriaal) onvermijdelijk sterk terugvallen tot bijna 0 GtC. Deze opties vergen echter nauwelijks of geen technologische innovatie, zijn direct 'inzetbaar', scoren uit oogpunt van kosteneffectiviteit over het algemeen goed tot zeer goed en zijn dus juist bruikbaar in de eerstkomende decennia. Bij succesvol beleid zal na een aantal decennia de mitigatierol moeten worden overgenomen door andere opties, als men terugval wil voorkomen.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Ausubel, J.H. (2002) On Sparing Farmland and Spreading Forest, in: T. Clark en R. Staebler, (eds.), *Forestry at the Great Divide: Proceedings of the Society of American Foresters 2001 Convention*: 127-138.

Benítez, P.C., I. McCallum, M. Obersteiner en Y. Yamagata (2004) *Global Supply for Carbon Sequestration: Identifying Least-Cost Afforestation Sites under Country Risk Considerations*, IIASA Interim Report IR-04-022, Laxenburg, Austria. www.iiasa.ac.at/Publications/Documents/IR-04-022.pdf.

Bernacchi, C.J., S.E. Hollinger en T. Meyers (2005) The conversion of the corn/soybean ecosystem to no-till agriculture may result in a carbon sink, *Global Change Biology* 11, 11: 1867-1872.

Bowyer, Jim L. en Ruth L. Smith (1999) *Opportunities for Mitigating Carbon Emissions through Forestry Activities*, www.winrock.org/reep/Opportun_carbon.html.

Brown, S., I. Swingland, R. Hanbury-Tenison, G. Prance en N. Myers, *Carbon Sinks for Abating Climate Change: Can They Work?* www2.essex.ac.uk/ces/Research Programmes/ CESOccasionalPapers/AdditionalPaper.pdf.

Contreras-Hermosilla, A. (2000) *The Underlying Causes of Forest Decline, Centre for International Forestry Research*, Occasional paper 30, www.cifor.cgiar.org/ publications/pdf_files/OccPapers/OP-030.pdf.

Cossalter, C. en Ch. Pye-Smith (2003) *Fast-Wood Forestry. Myths and Realities*, Centre for International Forestry Reseacrh, Jakarta www.cifor.cgiar.org.

DeFries, R.S. (2002) Carbon Emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s, *Proceedings National Academy of Science* 99, 22: 14256-14261.

Driel, P. van (2004) *De bossen kunnen eeuwig zingen. Een verkenning van het ontbossings-drama ten behoeve van de VROM-raad,* Den Haag.

FAO (2005) *Global Forest Resource Assessment*, FAO, www.fao.org.

FAO (2003) *State of the World's Forests 2003, Part 1, The situation and recent developments in the forest sector,* www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/ 005/Y7581E/Y7581E00.HTM.

Gardner, W.D. et al. (2002) *Decomposition of wood products in the Lucas Heights Landfill Facility*, www.greenhouse.crc.org.au/ecarbon/enews/gardner.pdf.

Leach, M. en J. Fairhead (1998) *Reframing Deforestation: Global Analysis and Local Realities – Studies in West Africa*, London: Routledge.

Leach, M. en J. Fairhead (2000) Challenging neo-malthusian deforestation analyses in West Africa's dynamic forest landscapes, *Population and Development Review,* www.ids.ac.uk/ids/KNOTS/publications/leach.html.

Macqueen, D., J. Mayers en H. Reid (2004) *Could wood combat climate change?*, London, www.iied.org/pubs/display.php?n=8&%20l=14&a=D%20Macqueen&x=Y.

Malhi, Y., P. Meir en S. Brown (2002) Forests, carbon and Global climate, *Physical and Engineering Sciences* 360: 1567-1591.

Martinez, K.E., E.M. Crenshaw en J.C. Jenkins (2002) Deforestation and the Environmental Kuznets Curve: A Cross-National Investigation of Intervening Mechanisms, *Social Science Quarterly* 83: 226-243.

Meyer, A.L., G. Cornelis van Kooten en Sen Wang (2003) *Institutional, Social and Economic Roots of Deforestation: Further Evidence of an Environmental Kuznets Relation?* smealsearch.psu.edu/71049.html.

Niles, J., O.S. Brown, J. Pretty, A. Ball en J. Fay (2001) *Potential Carbon Mitigation and Income in Developing Countries from Changes in Use and Management of Agricultural and Forest Lands*, Centre for Environment and Society, Occasional Paper 2001-04, Essex, www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/CESOccasionalPapers/OccPaper2001-4.pdf.

Roper, J. en R.W. Roberts (1999) *Deforestation: Tropical Forests in Decline,* Forestry Advisers Network (CFAN) of the Canadian International Development Agency (CIDA), www.rcfa-cfan.org/english/issues.12.html.

Roper, J. (2001) *Tropical Forests and Climate Change*, Forestry Advisers Network (CFAN) of the Canadian International Development Agency (CIDA), www.rcfa-cfan.org/english/issues.13.html.

Stavins, R.N. en K.R. Richards, *The Cost of US Forestbased Carbon Sequestration,* www.pewclimate.org/global-warming-in-depth/all_reports/carbon_sequestration/index.cfm.

Sedjo, R., B. Sohngen en R. Mendelsohn (2001) *Estimating Carbon Supply Curves for Global Forets and Other Land Uses*, RFF Discussion Paper Washington.

Sedjo, R.A. *Forest 'Sinks' as Tool for Climate-Change Policymaking* www.rff.org/Documents/RFF-Resources-143-forestsinks.pdf.

Sedjo, R.A. *Forest Carbon Sequestration: Some Issues for Forest Investments.* RFF Washington Aug 2001 www.rff.org/Documents/RFF-DP-01-34.pdf.

Skog, K.E. (2000) *Carbon Sequestration in Wood and Paper Products*, USDA Forest Service, www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2000/skogoob.pdf

Victor, D.G. en J. H. Ausubel (2000) Restoring the Forests*, Foreign Affairs* 79, 6: 127-144.

Williams, M. (2000) On Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past *Journal of Historical Geography* 26, 1: 28-46.

NOTEN

1 Zowel boven- als ondergronds. Wordt bos omgezet in jaarlijks omgeploegd akkerland, dan leidt dat tot verlies van gemiddeld een derde van de koolstof in de bodem (en van de helft als er voorheen grasland of weidegebied was). Bij omzetting in grasland kan de koolstof in de bodem iets toenemen.
Bossen beslaan mondiaal ruim 3,8 miljard hectare grond, waarvan 1,5 miljard hectare in de tropen. De tropische bossen bevatten 1200 GtC; per ha: 120-165 ton C in de bomen en 83-150 ton C in de eerste meter van de bodemlaag. De totale C-voorraad in ecosystemen op land bevatten 2200 Gt (FAO 2001).

2 Cijfers voor de tropen in 1990: Zuidoost-Azië 0,76 Gton; Latijns-Amerika 0,32 Gton; Afrika 0,34 Gton. Opgeteld 1,4 GtC (Malhi et al. 2002).

3 Van het oorspronkelijk tropisch woud is volgens de IUCN nog 80 procent over. NB: in deze schattingen zijn studies zoals die van Leach en Fairhead (1998; 2000) niet verwerkt. Zij concluderen dat de mate van ontbossing voor een aantal Afrikaanse landen sinds 1900 sterk is overschat.

4 Het niet langer beploegen van akkers lijkt een significant potentieel aan C-opslag te hebben. Dat is recentelijk bevestigd in onderzoek in VS (Bernacchi, Hollinger, Meyers) voor koren en soja.

5 Van de 6,4 GtC CO_2-emissies komt ruwweg de helft terecht in de atmosfeer (zie hoofdstuk 4 en bijlage 1). Een afname van emissie met 2,4 GtC zorgt dan voor beperking van wat in atmosfeer komt met 1,2 GtC. Dat is 35 procent van de huidige jaarlijkse C-toename in de atmosfeer.

6 Armen trekken niet alleen naar de stad, maar ook naar de bosrand. En: individuele stukjes land worden door overerving steeds kleiner. Meestal is er geen formele eigendomstitel. Zonder garantie dat het land van hen zal blijven hebben die boeren geen enkele prikkel om de grond productiever te maken.

7 Ongeveer 25 procent van de mondiale houtnijverheidsproductie – gezaagd hout, panelen, houtpulp, papier – komt uit ontwikkelingslanden. Van de top-10-landen qua ontbossing (1995) werd in Indonesië, Maleisië en Birma meer dan 50 procent van de totale productie geëxporteerd. In Brazilië, Mexico en Thailand slechts 10 procent, in Kongo, Bolivia, Venezuela en Soedan was de export verwaarloosbaar. In de meeste Aziatische landen die met ontbossing kampen is rijst geen exportproduct. Dat in Brazilië de ontbossing sterk toenam in de periode dat ook de vleesproductie sterk toenam, kwam aanvankelijk vooral door de stijgende vraag in Brazilië zelf.

8 NB: bij afname van de bosbranden neemt ook de emissie van het krachtige broeikasgas N_2O af (Roper en Roberts 1999).

9 Afhankelijk van wat er met dat hout gebeurt leidt dit ook tot emissie in de atmosfeer.

10 De FAO heeft die cijfers inmiddels iets naar beneden bijgesteld: de afname in de periode 1990-2000 was niet 9,4 miljoen, maar 8,9 miljoen hectare per jaar.

11 Als de prijs voor C-emissie groot genoeg is om de omzetting van bos in landbouwgrond te voorkomen, zal de meeste opslag plaatsvinden in Zuid-Amerika, Afrika en Pacific-Azië (Sedjo). In 2010 zal daar meer dan de helft van de opslag

plaatsvinden; een kwart in de regio van de vroegere Sovjet-Unie.

12 De schattingen over het potentieel bosareaal lopen uiteen van 0,3 tot 1,3 Gha. IPCC komt op 1,2 Gha: (potentieel areaal voor gewassen 2,5 Gha; daarvan is in gebruik 0,9 Gha voor voedselproductie en is nog 0,4 Gha nodig in verband met de mondiale bevolkingsgroei, met een piek in 2050). Een recente berekening van Moreira komt uit op 1,5 Gha areaal (bij strikte criteria is het beschikbaar mondiaal areaal voor *rainfed* landbouw: 2,95 Gha). Daarvan wordt nu gebruikt: 1,46 Gha (38%).

13 Door verkorting van de periode van braak liggen en minder beluchting van de bodem kan in landbouwgrond 0,3-0,6 ton per hectare per jaar in enkele decennia gemiddeld meer koolstofopslag worden opgeslagen.

14 Dat kan per eenheid een factor 200-1500 qua C-emissie schelen; zie Bowyer et al. 1999.

15 Reid komt op 110 Gt in 50-100 jaar. IPCC: 126 Gt CO_2. Malhi, Meir, Brown (2002) totaal: 75 Gton-100 Gton: zie tabel. Zie ook Brown c.s. voor een studie naar het potentieel in een aantal landen.

16 Als geen waarde aan C-opslag in bos wordt toegekend, zou biomassagebruik kunnen leiden tot ontbossing.

BIJLAGE 8: REDUCTIE VAN ANTROPOGENE METHAANEMISSIES

1 INLEIDING

Methaan (CH_4) heeft met 65 procent veruit het grootste aandeel in de OBG (1,8 GtC-eq). Methaan heeft een relatief korte verblijftijd in de atmosfeer,[1] gemiddeld 12 jaar, maar in die korte tijd heeft het een hevig opwarmend effect: een eenmalige emissie van één kilo methaan heeft in vergelijking met een eenmalige emissie van één kilo CO_2 na twintig jaar 56 keer zo veel effect op de opwarming. Na honderd jaar is het effect van die kilo methaan nog altijd 23 keer zo hoog als dat van een kilo CO_2, terwijl de verblijftijd van een kilo CO_2 gemiddeld meer dan honderd jaar is. Methaanemissies dragen volgens het IPCC rond 20 procent bij aan het antropogene broeikaseffect, anderen schatten die bijdrage hoger. Het cumulatief opwarmingseffect na honderd jaar voortgaande emissie van methaan wordt geschat op 40 maal dat van een constante emissie van een gelijke hoeveelheid CO_2.[2] Gelukkig zijn de methaanemissies in omvang slechts een fractie van de CO_2-emissies.

CH_4 is chemisch identiek aan aardgas, het wordt bij verbranding omgezet in CO_2 en daarmee verdwijnt 95 procent van het opwarmingspotentieel.

De methaanconcentratie in de atmosfeer is de laatste eeuwen meer dan verdubbeld, van 700 ppb in 1750 tot 1750 ppb in 2000, doordat de absorptie in *sinks* de emissie (die voor zo'n 60% antropogeen is) niet kon bijhouden.[3]

De toename van de concentratie in de atmosfeer is eind vorige eeuw vertraagd (EPA); de emissies lijken al een aantal jaren gestabiliseerd te zijn. Toch gaat het IPCC (2001) vooralsnog uit van groei voor de komende decennia. Wat de trend zal worden is nog niet met zekerheid te zeggen, onder meer omdat er methaan kan vrijkomen als de toendra's op het noordelijk halfrond zouden ontdooien (Pearce 2005). In de OESO zouden de emissies van 1995-2010 afnemen met gemiddeld 0,8 procent per jaar en 13 procent in totaal (PEW). In de VS werkt de EPA samen met bedrijven en overheden in programma's op basis van vrijwilligheid om kosteneffectieve reducties te realiseren. De emissies in de VS waren in 2001 5 procent lager dan in 1990. De EPA verwacht dat de emissies beneden dat peil zullen kunnen blijven.

Tekstbox 1 De bijdrage van methaan is mogelijk groter

De gebruikelijke berekening van de bijdrage van methaan is gebaseerd op de concentraties in de atmosfeer. Methaan is echter chemisch actief vanaf het moment van emissie en draagt bij aan de vorming van troposferische ozon, en dat heeft eveneens een opwarmingseffect. Dat effect zou dus ten dele moeten worden toegeschreven aan methaan. De wijze van berekenen die het IPCC heeft gehanteerd leidt dus mogelijk tot een onderschatting van de rol van methaanemissies.

Houdt men daarmee rekening, dan zou volgens Shindell, onderzoeker bij NASA, het effect van methaan sinds 1750 tot heden tot tweemaal zo groot kunnen zijn en zou mitigatie van methaan erg relevant zijn (NASA 2005).

Zo'n 40 procent van de emissie komt uit natuurlijke bronnen: wetlands, gashydraten, permafrost en termieten. Rond 60 procent van de emissies komt uit antropogene bronnen (IPCC 2001). Van die antropogene emissies komt bijna 50 procent uit slechts vijf landen: China (kolen/rijst), Rusland (gas/olie), India (rijst en vee), de Verenigde Staten (vuilstort) en Brazilië. Tot voor kort waren er maar weinig prikkels om methaanemissies te reduceren. Ook in de mijnbouw werd methaan niet gezien als een relevante energiebron.

2 ANTROPOGENE BRONNEN[4]

a. *Landbouw* heeft het grootste aandeel: rond de 50 procent, waarvan 32 procent via de veestapel, met name herkauwers. Voorts rijstteelt (12%), hoofdzakelijk uit natte rijstvelden. En mest, in de orde van 4 procent.
b. *Energiesector*. De winning en transport van fossiele brandstoffen heeft een aandeel van naar schatting 27 procent, dat als volgt kan worden uitgesplitst:
   - Olie/gas: 19 procent, door het affakkelen bij olieproductie, gebruik van aardgas om pijpleidingen schoon te maken, en lekken. De trend is een toename door groeiende gasproductie en grotere afstand per pijpleiding. De helft van de emissies in deze sector komt uit de voormalige USSR. Het Midden-Oosten heeft een aandeel van 12 procent; Noord-Amerika: 10 procent; Zuid-Amerika: 6 procent; Afrika: 8 procent. Azië: slechts 4 procent, Europa: 6 procent, China/Pacific: 1 procent.
   - Kolenwinning: 9 procent, hoofdzakelijk in ondergrondse mijnbouw in Rusland, China en de VS.
c. *Afvalsector*: vuilstort en rioolslib, met een aandeel van 20 procent. Daarvan heeft vuilstort het grootste deel: 10-15 procent. Methaan wordt gevormd bij anaerobe afbraak onder invloed van bepaalde methoden van storten. Uiteraard speelt ook de samenstelling van het afval een rol. Bij zuiveringsslib gaat het vooral om industrieel afval, vooral voedingsindustrie, pulp/papier en chemische industrie. De emissie is hoger in ontwikkelde landen vanwege de hoge concentratie van afval op stortplaatsen, en daarin een groter aandeel van afbreekbaar C-houdend afval (relatief veel papier). In de EU ging het in 1990 om bijna 4 procent van alle EU broeikasgasemissies. Echter, de komende decennia neemt in ontwikkelingslanden in BAU de emissie vanuit vuilstort sterk toe, met name door de snelle verstedelijking.
d. *Onvolledige verbranding van biomassa* (dat geeft direct emissies van methaan en kan ook de mogelijkheid van de bodem reduceren om als een *sink* te functioneren). Het probleem zit vooral in de grootschalige destructie van bosgebieden voor *cash crop*-landbouw en verstedelijking. Andere bronnen: verbranden van landbouwafval en van hout voor verwarming en koken, en houtskoolpro-

ductie. Ook savannen worden vaak elke paar jaar in brand gestoken ten behoeve van de regeneratie van vegetatie.

Tekstbox 2 Stuwmeren en methaanemissies

Een bron van methaanemissies die tot op heden over het hoofd is gezien, wordt gevormd door stuwmeren. Stuwmeren produceren significante hoeveelheden CO_2 en methaan ten gevolge van rottingsprocessen onder invloed van wisselende waterstanden, soms zelfs meer dan centrales die draaien op fossiele brandstof (Graham-Rowe 2005; McCully 2002). Deze berichten vragen om een herwaardering van de mitigatieoptie ‘waterkracht’.

3 MITIGATIEKOSTEN

De emissies zouden bij veel van de bronnen met 20-40 procent verminderd kunnen worden tegen relatief lage kosten, met name door transfer van *best practice technology* en van expertise, vooral bij vuilstort en verwerking van zuiveringsslib (IEA 1998).

Methaan is een schone brandstof; het gebruik kan een inkomstenbron vormen en een forse verbetering betekenen van de leefkwaliteit in dorpen en steden. Maar van technieken om methaan op te vangen en van mogelijkheden om het winstgevend te benutten, is men, vooral in ontwikkelingslanden, vaak niet goed op de hoogte. Ook ontbreekt het in veel landen aan goed functionerende energiemarkten of zijn gemeenten en nutsbedrijven financieel niet in staat investeerders aan te trekken. In de mijnbouw kan afvangen van methaan bijdragen aan vermindering van het explosiegevaar.

Tabel 1 Bronnen van methaanemissies (in Gg CH_4)

Mondiaal	2000	2010	Aandeel in 2000	Groei 2000-2010	Aandeel ontwikkelingslanden 2000	2010
Energiesector	28%					
olie en gas	50994	63113	20%	23%	37%	47%
kolen	21715	25139	8%	30%	52%	59%
Landbouw	>50%					
herkauwers	83900	98700	32%	17%	70%	64%
rijst	32021	34509	12%	6%	93%	93%
mest	10273	11378	4%	10%		
verbranden biomassa			4%			
Afvalsector	23%					
afvalstort	39055	44197	15%	16%	40%	46%
rioolslib	22023	23590	8%	7%	92%	
Totaal	259981	300626	100%	15%		

Bron: Scheehle (2002), bewerking WRR

4 OPTIES VOOR REDUCTIE VAN METHAANEMISSIES

Energiesector

In de gas- en olie-industrie zijn met de huidige technologie de emissies met zo'n 80 procent te verminderen, voor zeker de helft met maatregelen waar de industrie financieel beter van wordt, en met als nevenbaten: veiligheid en vervanging van oude systemen. In de kolenindustrie kan 50-70 procent van de methaan worden opgevangen; daarvan kan de helft worden benut en de rest afgefakkeld. Omdat de kolenproductie een industrie met lage marges is, zou de financiering wel een probleem zijn. Kosten: van minder dan 100 dollar per ton tot meer dan 350 dollar per ton, niet meegerekend de benutting van methaan als brandstof.

Herkauwend vee

Voor vermindering van de methaanproductie in de maag van herkauwers is een aantal opties mogelijk. Deze zijn echter allemaal in een eerste fase van ontwikkeling, en er is dus nog een hele ontwikkelingsweg te gaan. Men werkt onder meer aan:

(a) verandering van de voedersamenstelling: methaanreductie zou mogelijk zijn tot 75 procent, terwijl tegelijk de productiviteit stijgt;
(b) pogingen om via fokken verbetering te bereiken;
(c) door toedienen van bepaalde biologisch of chemische middelen via het voer. Langs die weg zouden bij schapen reducties haalbaar zijn tot 20 procent. Helaas kan dit alleen bij vee op stal, en dus zelden in ontwikkelingslanden. De kosten bij herkauwers zijn relatief hoog.

Rijst

Ook hier is nog veel in ontwikkeling. Een flinke reductie, tot 40 procent in 2020, is niet onmogelijk, maar is wel sterk afhankelijk van het draagvlak voor de maatregelen, en daarvoor is minimaal vereist dat methaanreductie niet ten koste gaat van de rijstopbrengst. Zo zou door zorgvuldige selectie en een geïntegreerde benadering wat betreft irrigatie en bemesting een reductie met 20-30 procent mogelijk zijn. Periodiek bevloeien om de 3-5 dagen zou de methaanemissies doen verminderen tot 50 procent. De rijstproductie wordt meer *water-efficient*, maar er is een goede irrigatie-infrastructuur nodig en dat is relatief duur, de leefwijze ter plekke wordt beïnvloed en er is meer anorganische bemesting en emissie van N_2O. Er zijn rijstsoorten die onder minder natte condities kunnen groeien (met een forse reductie van methaanemissie) zonder opbrengstverlies. Voorts maken verbeterde rijstsoorten veel meer opbrengst per hectare mogelijk en kan de rijstopbrengst gelijk blijven zonder toename van natte rijstvelden. De kosten van ten minste een deel van de opties zijn relatief laag (vanaf 5 dollar per ton), zeker als de opbrengsten omhooggaan. 'Droge' rijst produceert nauwelijks methaan, maar de opbrengst per hectare is veel lager en deze rijstteelt heeft slechts een aandeel van 10 procent in de totale rijstproductie.

Mest

In ontwikkelingslanden is composteren en uitrijden over land het meest gebruikt, of kleinschalige anaerobe vertering samen met huisvuil. Mest wordt ook in koekvorm als energiedrager gebruikt, met betrekkelijk lage methaanemissies in vergelijking tot andere brandstoffen. Opties: methaan opvangen ('biogas') en affakkelen (= omzetting in CO_2) of gebruiken als brandstof. Het is relatief duur: ongeveer 260 dollar per ton methaan, maar gebruik als brandstof voor kostenreductie is mogelijk. Ook een combinatie met rioolslib zou voor lagere kosten kunnen zorgen.

Afvalsector: vuilstort en rioolslib

Bij vuilstort moet met goed geregelde sites, verbeterde zuurstoftoevoer op de vuilstortplaats, plus opvangen en affakkelen van methaangas (waardoor geen CH_4 maar CO_2 wordt geëmitteerd) – of, beter nog, die als energiebron gebruiken – zeker 70 procent reductie te halen zijn. Het afzonderen van bioafval en composteren of verbranden is vanwege de kosten in ontwikkelingslanden voorlopig niet haalbaar. De kosten van afvang en affakkelen zijn dikwijls beperkt: 31-60 dollar per ton. Maar afhankelijk van de omstandigheden kan het sterk oplopen, tot 1500 dollar per ton methaan, exclusief opbrengsten. Veel hangt dan af van de vraag of methaan benut kan worden voor met name elektriciteitsopwekking. Composteren is ook een optie, maar dat kost ruimte.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Eickhout, B., M.G.J. den Elzen en D.P. van Vuuren (2003) *Multi-gas emission profiles for stabilising greenhouse gas concentrations: emission implications of limiting global temperature increase to 2 degrees centigrade,* RIVM Bilthoven, www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/728001026.html.

EPA (Environmental Protection Agency USA) *Non-CO_2 Cases,* www.epa.gov/nonco2/ en: www.epa.gov/nonco2/econ-inv/international.html; *Methane: Sources and Emissions*, www.epa.gov/methane/index.html; www.epa.gov/methane/sources.html, en www.epa.gov/methane/scientific.html.

Etiope, G. (2004) Geologic Emissions of Methane, the missing source in the atmospheric methane budget, *Atmospheric Environment* 38: 3099-3100.

Gielen, D. en T. Kram (1998) *The role of non-CO_2 greenhouse gases in meeting kyoto targets,* ECN-policy studies, www.energytransition.info/matter/publications/model.html.

Godal, O. en J. Fuglestvedt (2000) *GWP's and Lack of Equivalence: are Greenhouse Gases Comparable*?, Cicerone 1/2000, Oslo www.cicero.uio.no/media/559.pdf.

Godal, O. en J. Fuglestvedt (2001) *Does the choice of metric affect abatement strategy?,* www.cicero.uio.no/media/1726.pdf.

Graham-Rowe, D. (2005) Hydroelectric power's dirty secret revealed, *New Scientist* 4, www.newscientist.com/article.ns?id=dn7046.

Hansen, J. (2005) *Defusing the Global Warming Time Bomb,* http://geography.berkeley.edu/ProgramCourses/CoursePagesFA2005/Geog40/DefusingGlobalWarming.pdf.

IPCC (2001) Sources and Sinks of Methane, hoofdstuk 1.2.2 in*: IPCC Special Report on Land Use, Land-Use Change And Forestry,* www.grida.no/climate/ipcc/land_use/022.htm.

Isaksen, I. (2000) *The atmospheric sink of methane*, www.igac.noaa.gov/newsletter/igac21/methane_sink.html.

Jacoby, H.D. (2004) *Methane Science and Policy*, www.methanetomarkets.org/events/2005/all/docs/jacoby.pdf.

Kets, W. en G. Verweij (2005) *Non-CO_2 Greenhouse gases – all gases count*, CPB, Den Haag, Discussion Paper nr. 44.

McCully, P. (2002) *Gas Emissions from Dams; flooding the land, warming the earth,* www.irn.org/programs/greenhouse/pdf/2002ghreport.pdf.

Manne, A.S. en R.G. Richels (2000) *A Multi-Gas Approach to Climate Policy–with and without GWPs*, FEEM Working Paper 44.

Moore, S., P. Freund, P. Riemer en A. Smith (1998) *Abatement of Methane Emissions*, IEA Greenhouse Gas R&D Programme.

NASA News Archive, *Methane's Impacts On Climate Change May Be Twice Previous Estimates*, www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2005/methane. html.

Pearce, F. (2005) *Climate warning as Siberia melts,* NewScientist.com news service, 11 August, www.newscientist.com/article.ns?id=mg18725124.500.

PEW, *Global Warming Basics – facts and figures*, www.pewclimate.org/global-warming-basics/facts_and_figures/regdist.cfm.

Reilly, J., N. Sarofim, S. Paltsev en R.G. Prinn (2004) *The Role of Non-CO_2 Greenhouse Gases in Climate Policy*, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report 114, web.mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC_Rpt114.pdf.

Reilly, J.M., H.D. Jacoby en R.G. Prinn (2003) *Multi-Gas Contributors to Global Climate Change: Climate Impacts and Mitigation Costs of Non-CO_2 Gases*, PEW Center on Global Climate Change, www.PEWclimate.org/global-warming-in-depth/all_reports/multi_gas_contributors/index.cfm.

Scheehle, E. (2001) *Emissions and Projections of Non-CO_2 Greenhouse Gases for Developing Countries: 1990-2020*, Draft, www.epa.gov/nonco2/econ-inv/international.html.

Scheehle, E. (2002) *Non-CO_2 Greenhouse Gas Emissions from Developed Countries: 1990-2010*, Updated February, www.epa.gov/nonco2/econ-inv/international.html.

Tol, R.S., R. J. Heintz en P.E.M. Lammers (2002) *Methane Emission Reduction: An Application Of Fund,* www.uni-hamburg.de/Wiss/FB/15/Sustainability/ccmethane.pdf.

NOTEN

1 HFC's hebben een nog kortere verblijftijd, maar deze gassen hebben een veel kleiner aandeel in de klimaatproblematiek.
2 Calculatie Philip Raphals (Helios Centre Montreal) geciteerd in P. McCully, *International Rivers Network: Greenhouse Gas Emissions from Dams.*
3 Bron*: EU Strategy paper for reducing methane emissions (COM(96)557 final).*
4 Bron: EPA-website; Scheehle 2001; 2002.

BIJLAGE 9: BELANGEN EN KLIMAATBELEID VAN DE VERENIGDE STATEN

Eerst zal aandacht worden geschonken aan enkele structurele kenmerken van de Amerikaanse economie en samenleving, die ongetwijfeld voor de komende een of twee generaties de (netto-)emissies van GHG's zwaarwegend zullen (blijven) beïnvloeden. Hoe men fundamentele belangen ook definieert, deze aspecten behoren er zeker bij. Vervolgens wordt een aantal andere aspecten van uiteenlopende aard kort besproken, die vermoedelijk eveneens een langdurige invloed op het VS-klimaatbeleid zullen blijven hebben. Op deze punten is wijziging of beleidsomkering eerder denkbaar dan bij de structurele kernmerken, alleen lijkt het onmogelijk nu te voorzien of en wanneer zoiets zou (kunnen) gebeuren. Daarna wordt het huidige VS-klimaatbeleid samengevat. Daarbij zal blijken dat de positionering van de regering-Bush slechts in beperkte mate afwijkt van eerdere regeringen – bovenal wegens de geringe speelruimte die er bestaat voor grondige beleidswijziging – en dat men de verklaring van de soms felle retoriek van andere landen over dit VS-beleid eerder in de stijl dan in de materiële inhoud van het beleid kan vinden. Ten slotte wordt ingegaan op het alternatieve beleidsscenario van het IEA voor de VS voor 2030, omdat dit scenario een door uitgebreide consultatie redelijk betrouwbaar inzicht geeft over de potentie van allerlei beleidsinitiatieven die kans van slagen maken in de VS.

1 STRUCTURELE KENMERKEN ALS FUNDAMENTELE BELANGEN VAN DE VS

Uit tabel 5.1 blijkt reeds dat de VS structurele kenmerken van de economie en samenleving kennen die beduidend afwijken van wat (bijvoorbeeld) in Europa geldt. Bij de VS gaat het bovenal om CO_2-uitstoot en het drieluik 'kolen/nucleair/vervoer' staat daarbij centraal, met enige aandacht voor landbouw en bebossing op de achterhand. In dit korte bestek zullen we ons tot deze vier aspecten beperken.

Kolen

Er zijn zo'n 25 staten in de VS waar kolen worden gedolven, hetgeen politieke besluitvorming over drastische mitigatie met betrekking tot kolengebruik (hetzij via belastingen, hetzij via strikte regulering) buitengewoon lastig maakt, nog los van de aantrekkelijke relatieve prijzen (zonder internalisatie van uitstoot) reeds voor de recente olieprijspiek, laat staan heden ten dage. Niet minder dan de helft van de elektriciteit in de VS wordt met behulp van kolen opgewekt. De VS hebben zeer grote en vaak gemakkelijk te delven kolenvoorraden voor misschien wel 200 jaar. Aangezien kolen een grote en directe invloed op het plaatselijke leefmilieu hebben, zijn reeds tal van maatregelen genomen (vooral tegen SO_2). De kwestie is nu of, hoe snel en tegen welke kosten zowel bestaande als nieuwe kolencentrales op CCS kunnen overgaan en welke (effectieve) prikkels de federale regering (of eventueel op statelijk niveau) bereid is te verschaffen. Hoofdstuk 4 laat zien dat deze kosten bij nieuwe centrales veel lager liggen, althans indien vergassing als

technologie wordt ingebouwd. Dit moet welhaast betekenen dat de VS, met tal van bestaande centrales met een lange levensduur, CCS langs de lijnen der geleidelijkheid bij kolen zullen (willen) invoeren, en dat nog alleen in een scenario waarbij de concurrentiepositie niet of nauwelijks wordt aangetast. Die geleidelijkheid zal waarschijnlijk gebaseerd zijn op de langetermijninvesteringscyclus voor dit soort centrales. Er heeft weliswaar een beperkte kolen/gas-substitutie plaatsgevonden in de VS, maar bij hoge olie- (en daarmee gas)prijzen zal dit proces stagneren of eerder omkeren. Kolen vormen dus een constante factor in de energievoorziening voor vele decennia en de relevante beleidsvraag is dus of internalisatie en/of technologie (vooral CCS) een belangrijke rol in het Amerikaanse klimaatbeleid zullen gaan spelen. Verder vormt de afnemende externe voorzieningszekerheid van de VS een bron van zorg en dit vertaalt zich in een gunstig beleidsklimaat voor blijvend kolengebruik.

Nucleaire energie

Een vijfde van de elektriciteit in de VS is afkomstig van kernenergie. Het aantal centrales neemt niet meer toe sinds bijna 25 jaar en de regering-Bush heeft alleen een voor waterstofaanmaak geschikte, moderne centrale toegezegd. Wel heeft het ratjetoe van allerlei uiteenlopende modellen en methodes (dat elk schaalvoordeel en veel leereffecten onmogelijk maakte) grotendeels plaatsgemaakt voor verdere standaardisatie, consolidatie en efficiëntiewinsten via privatisering en grotere concernvorming; aanzienlijke productiviteitsverbetering is het gevolg (MIT 2003).[1] Niettemin blijft de steun fors en vrijwel alle R&D is (nog) publiek. Ook in de VS zijn de enorme kapitaalsinvesteringen voordat men met de productie aanvangt het belangrijkste struikelblok voor private toetreding tot de markt, al lijkt ook de prijs per kWh nog steeds niet concurrerend vergeleken met kolen- en gasinstallaties. Zonder internalisatiebeleid (bijvoorbeeld door belastingen op CO_2 of anderszins) zal dat voorlopig niet verbeteren. Alleen de huidige piekprijzen van olie en gas zouden – mits blijvend – kernenergie wel concurrerend maken. De VS hebben beperkte voorraden uranium, maar er is wel een goed gespreid aanbod in de wereld.

Vervoer

De VS zijn een auto-economie, al is het (kleine) aandeel van de luchtvaart groter dan in bijvoorbeeld Europa en is vrachtvervoer over het spoor veel efficiënter en intensiever dan in Europa (althans Oost-West). De vervoerssector (die vrijwel uitsluitend olie verbruikt) consumeert meer energie dan de industrie (!) en in het referentiescenario van het IEA[2] stijgt deze consumptie met 1,3 procent per jaar tussen 2002 en 2030, sneller dan de industrie of de krachtcentrales. In termen van CO_2-emissies is het verschil tussen industrie en vervoer nog scherper, omdat de industrie (klaarblijkelijk) in staat is effectiever te mitigeren, met een stijging van emissies per jaar van 0,6 procent (over 2002-2030) tegen 1,3 procent per jaar voor het vervoer. Bij dit alles moet ook bedacht worden dat de huidige uitgangspositie van de VS reeds beduidend ongunstiger is dan in bijvoorbeeld Europa of Japan: auto's stoten meer uit, onder andere wegens veel groter brandstofverbruik, en het gebruik van het openbaar vervoer is geringer. Er bestaat een kip-en-ei-beleids-

probleem aangezien de autogewenning (-verslaving?) buiten de grootste steden samenvalt met de afwezigheid van openbaar vervoer, terwijl veel Amerikanen nog steeds de opvatting huldigen dat relatief grote auto's ook veiliger zijn. In een dergelijke situatie is het politiek nagenoeg ondoenlijk om tot forse accijnsverhoging over te gaan en/of om 'zware' auto's extra te belasten. De typische *gas guzzlers* zijn veel goedkoper dan bijvoorbeeld kwalitatief betere en compactere auto's van het Europese of Japanse type, die inmiddels ook door Amerikaanse bedrijven op grote schaal worden verkocht. De opkomst van de SUV's lijkt minder verstorend dan men zou denken, omdat deze voor Amerikaanse normen geen extreem verbruik kennen (behalve de allergrootste). Het is dan ook zeer relevant om de marktreacties in de VS op de huidige piekprijzen van benzine te bestuderen, want dit verschaft eigenlijk een soort laboratoriumtest over de te verwachten effecten van internalisatiebeleid in de VS dat politiek zo gevoelig ligt. De verwachting is dat piekprijzen (dat wil zeggen ver boven de OPEC-norm van maximaal 30 dollar per vat) jaren zullen aanhouden en dat zal ongetwijfeld krachtige verschuivingen in de autoaankoop en het verbruik tot gevolg hebben.

Dit levert de politiek signalen op over de haalbaarheid en kosten-batenanalyse van internalisatiebeleid. Tot nu toe hebben de VS (soms geleid door de staat Californië) hoofdzakelijk regulering aangewend die de kosten voor consument en bedrijfsleven betrekkelijk onduidelijk houden. Het idee kan als 'technologische vooruitgang' verkocht worden en ligt politiek iets minder lastig. De CAFE-normen en geleidelijk strakkere federale wetgeving over de efficiëntie van autobrandstof zijn vrijwel zeker 'duur' en inefficiënt vergeleken met prijsgerichte maatregelen als accijnzen of een koolstofbelasting, maar deze kosten zijn minder zichtbaar. In die zin is de aankondiging van president Bush dat rond 2017 waterstofauto's in de VS het van verbrandingsmotoren zullen overnemen een benadering die in het verlengde ligt van wat Amerikaanse burgers (en de auto-industrie) graag horen: nulemissie, met een nieuwe technologie, gegeven een ruime ontwikkelingstijd.

Landbouw en bossen
Het landbouw- en bosareaal van de VS is nogal groot en biedt een tweetal mogelijkheden: verdere bebossing en bewuste bevordering van biomassa als marktgerichte agrarische activiteit. Volgens VS-toponderhandelaar Harlan Watson, sprekend in Bonn voor de COP op 16 mei 2005, geeft de huidige regering- prikkels voor "carbon sequestration on America's farms and forests". Daarbij vermeldt hij dat, onder de 2002 US Farm Bill, een totaal van 47 miljard dollar (sic!) aan "conservation measures on its farms and forest lands" in de loop van het komende decennium zal worden 'geïnvesteerd'. Deze opmerking roept allerlei vragen op: (1) is investeren alleen overheidssubsidie of moeten co-financiering en investering door boeren erbij opgeteld worden (en doen die dat dan ook)?; (2) het bedrag is ongeveer even groot als tien jaar besteding aan klimaatwetenschap en waarneming plus technologieprogramma's (momenteel zo'n 5 miljard dollar per jaar) en dat is hét speerpunt van het VS-klimaatbeleid – dit doet bevroeden dat die 47 miljard dollar niet louter biomassa en bebossing betreft; (3) volgens Watson

zouden deze prikkels tegen 2012 een jaarlijkse afvang van CO_2 van 12 miljoen kubieke meter opleveren, hetgeen een betrekkelijk lage ‘productiviteit’ van deze grote subsidies zou betekenen. De boerenlobby’s in de VS zijn krachtig en het is zeer wel denkbaar dat de ommekeer van de 1996 Farm Bill (die tal van subsidies afschafte en verminderde) die al onder Clinton begon een nieuwe en versluierde vorm van prikkels voor biomassa heeft aangenomen. Massaproductie van bijvoorbeeld maïs en soja levert veel ‘biomassa’ op.

Andere belangen voor de positionering van de vs

Tracht men ‘andere’ belangen in kaart te brengen, dan is het beeld niet altijd even helder; soms ontwaart men allerlei tegenstrijdigheden en/of tegenovergestelde voorkeuren. Zo bijzonder is dat natuurlijk niet, het komt in vrijwel alle landen ter wereld voor. De volgende bloemlezing is hopelijk zo afstandelijk mogelijk gehouden, maar kan niet uitputtend zijn. Weging van de diverse punten is te politiek en trouwens ook veranderlijk en wordt dus achterwege gelaten.

Ten eerste: het Amerikaanse volk blijkt zeker niet onverschillig over klimaatwijziging en GHG’s. Tjernshaugen (2005) citeert diverse studies die hier uitgebreid op ingaan en bijvoorbeeld in termen van ‘waardering’ van milieukwesties als deze geen fundamenteel verschil onderkennen tussen de VS en Europa. Verschillen ontstaan eerder door onderscheiden politieke culturen (bijvoorbeeld geen groene partijen in de VS; veel meer weerstand tegen belastingen, direct of indirect) en een geringere bereidheid hoge kosten te dragen van mitigatie. *The Economist* (2005) wijst ook op de noodzaak voor de regering-Bush om enerzijds actief klimaatbeleid te voeren – het Congres wenst dat – en tegelijkertijd de kosten miniem te houden, iets wat het Congres eveneens vereist (zie hierna).

Ten tweede: er zijn feitelijke gronden aan te wijzen die met deze algemene voorkeuren stroken. Zo zijn de VS effectief gebleken in SO_2-bestrijding (onder andere met een handelssysteem vanaf 1990) en heeft het land (mede)leiderschap betoond bij de ozonbestrijding onder Montreal, inclusief overdrachten aan arme landen om hun kosten te dekken. Verder is de steun voor de UNFCCC consistent, heeft president Bush (na aanvankelijke aarzeling) erkend dat opwarming in ieder geval ten dele door de mens wordt veroorzaakt, en voert de regering een agressief beleid om de onzekerheid van waarneming en wetenschappelijke kennis te verminderen (met jaarbudgetten van zo’n 2 miljard dollar).

Ten derde: zoomt men in op ‘het’ VS-beleid, dan wordt het beeld diffuser. Een grondbeginsel van vrijwel elk Amerikaans beleid en dus ook klimaatbeleid is spreiding van macht en *checks and balances*. Op twee onderdelen komt dit tot uiting. Als eerste in de verschillen tussen het federale niveau en de staten, alsmede tussen de staten onderling. Aan de oost- en westkust zijn er staten die een verdergaand klimaatbeleid voeren en zelfs een emissiehandelssysteem willen opzetten, met elkaar (negen staten) en bijvoorbeeld met provincies in Oost-Canada. Verder is er de machtsspreiding op het federale niveau, zowel tussen allerlei ministeries als tussen deze en federale agentschappen.

Ten vierde: het federale Congres heeft op een kardinaal punt het klimaatbeleid voor vele jaren als het ware in de tang genomen. In 1997 is de Bird/Hagel-resolutie aangenomen met 95 tegen nul (!) stemmen en deze kan gevoeglijk beschouwd worden als een hoeksteen van elke positionering van het VS-klimaatbeleid voor de komende decennia. In feite verklaart de Senaat zich voorstander van klimaatbeleid (hier bovenal mitigatie), zij het onder twee harde voorwaarden en het zijn die voorwaarden die doorslaggevend zullen zijn bij elke poging de VS bij post-Kyoto-onderhandelingen te betrekken. De eerste voorwaarde is dat "no substantial harm to the US economy" mag optreden en gezien het bovenstaande kan dat voorlopig als restrictief worden uitgelegd. De tweede voorwaarde betreft de notie dat álle UNFCCC-landen (uiteindelijk, maar wel vastgelegd) aan mitigatieverplichtingen dienen te voldoen voordat de VS zichzelf eveneens internationaal verplichten. Wat na de overeenkomst van het Kyoto-protocol in Europa en Japan veelal als een *non-cooperative game* van de VS werd uitgelegd, is dus niets meer dan een regelrecht gevolg van deze unanieme resolutie. Clinton heeft Kyoto nooit formeel aan het Congres voorgelegd en Bush heeft het expliciet geweigerd; het onderscheid in stijl verhult de congruentie van de inhoudelijke reden. Na de regering-Bush zal het voorlopig niet anders zijn.

Ten vijfde: hoewel lastig precies te duiden zijn er aanwijzingen dat de VS een relatief groot belang hechten aan 'aanpassing', omdat zij denken dit goed (goedkoop?) te kunnen betalen. De VS zijn op dit punt onvergelijkbaar met Nederland. De heer Watson zei hierover in Buenos Aires op 3 december 2004 (COP-9): "The US is blessed enough to have a rather robust adaptive capacity." Het spreekt vanzelf dat deze perceptie een invloed heeft op de onderhandelingspositie die de VS innemen.

Tot slot: de VS zijn, wellicht nog meer dan andere landen, die immers geen supermacht zijn, beducht voor te grote importafhankelijkheid van energie. Het doel van externe *security of supply* staat echter onder grote druk. Het IEA verwacht in het referentiescenario voor 2030 dat de netto-invoer van het totale energieverbruik verdubbelt van 14 procent (2002) naar 27 procent (2030). Tot welke beleidsreactie op lange termijn dit zal leiden is verre van duidelijk. Het kan *co-benefits* voor klimaatbeleid opleveren (bijvoorbeeld meer nucleair, toch hogere accijnzen op benzine, meer nadruk op biomassa uit eigen land, enzovoort), maar evengoed is het mogelijk dat versneld naar inheemse olie wordt geboord, dan wel kolen worden verbruikt of beide. Verder dient de prijsontwikkeling op de wereldmarkt in de beschouwing te worden betrokken. Deze zal, zonder grote structurele veranderingen aan de vraagkant, de concurrentiepositie van inheems aanbod van nucleair en kolen verbeteren, hetgeen als feedback wederom de invoerafhankelijkheid zou kunnen verminderen (maar niet voor vervoer). Die structurele veranderingen in met name het vervoer zullen door langdurig hoge olie- en gasprijzen worden gestimuleerd, voorafgegaan door een grotere nadruk op de ontwikkeling van nieuwe technologieën zoals de waterstofauto. Hoeveel versnelling in die ontwikkeling mogelijk is, zal van groot belang zijn voor de *security of supply* van de VS, en niet alleen van de VS, vooral indien waterstof gemaakt kan worden met kolen-plus- CCS of met nucleaire energie.

2 HET HUIDIGE KLIMAATBELEID VAN DE VS

Beleidsfilosofie en hoofdaspecten

De beleidsfilosofie van het Amerikaanse klimaatbeleid steunt op vijf uitgangspunten (Watson 2005):

- Het klimaatbeleid is geïntegreerd in de bredere context van de ontwikkelingsagenda; voor de VS betekent dat tevens armoedevermindering, rechtsstatelijkheid (*rule of law*), investeren in mensen en stabiele economische instituties.
- Er is steun voor het UNFCCC en de activiteiten daarbinnen.
- Beleidsacties op korte termijn zijn te combineren met handhaving van de economische groei in de wereld.
- Het klimaatbeleid is een kwestie van voortdurende inspanning van alle landen over vele generaties.
- Men streeft naar bevordering van de klimaatwetenschap en van transities door nieuwe energietechnologieën.

Het feitelijke beleid van de huidige administratie valt in drie delen uiteen:

(1) *Mitigatie op basis van een intensiteitsdoel.* Er is geen absolute reductie van GHG's als groep, maar een 18%-reductie van de GHG-uitstoot per eenheid economische activiteit in de periode 2002-2012. Dit betekent in de praktijk dat de emissies in beperktere mate toenemen. Verder wordt het idee van Kyoto losgelaten dat men refereert aan de uitstoot van 1990, waardoor in 2012 de feitelijke GHG-emissies van de VS ver boven die van 1990 zullen liggen, bovenal door economische groei en bevolkingstoename. Het intensiteitsdoel zal over deze tien jaar voorkomen dat zo'n 500 miljoen kubieke meter (in koolstofequivalenten) de lucht ingaan.

(2) *Een uitgebreid wetenschaps- en technologieprogramma.* Er is zo'n 2 miljard dollar jaarlijks beschikbaar voor klimaatwetenschap (zie www.climatescience.gov voor details), te besteden aan kennisvergaring inclusief kwantificering, de vermindering van onzekerheid in klimaatprojecties, beter begrip van kwetsbaarheden en aanpasbaarheid van natuurlijke en menselijke ecosystemen, en ten slotte onderzoek naar risicobeheer en nieuwe mogelijkheden. Investeringen in tal van geavanceerde waarnemingstations zijn onderdeel van dit programma. Veel van deze aspecten hebben het karakter van een mondiaal publiek goed.
Zo'n 3 miljard dollar wordt jaarlijks besteed aan een ambitieus technologieprogramma op zestien terreinen, met enige overlap met het wetenschapsprogramma. Opvallende onderdelen zijn CCS, kernenergie en kernfusie, waterstof, *renewables* en weinig onderzochte vormen van CO_2-absorptie zoals door oceanen; ook OBG's hebben de aandacht, vooral methaan.

(3) *Internationale samenwerking.* In retoriek wordt zij op de bredere ontwikkelingsagenda gestoeld, maar in de praktijk komt zij vooral neer op het ondersteunen van economische groei (bijvoorbeeld "larger and more urgent societal need for *increased* energy resources to fuel economic growth", cursief in origineel) en

zes internationale technologieprogramma's die geheel aansluiten bij de VS-programma's zoals over CCS, waterstof, vierde generatie nucleair, methaan, kernfusie (ITER) en de Group on Earth Observations; de EU is in alle zes betrokken.

Dit beleid staat buiten Kyoto dat door president Bush in 2002 formeel is afgewezen. De samenwerking die de VS zoeken, bestaat dus uit onderhandelingen in de COP van de UNFCCC (maar niet gericht op Kyoto), de zes internationale technologiepartnerships en bilaterale ad-hocovereenkomsten, met name met landen die of geen Kyoto-verplichtingen hebben (al hebben ze formeel getekend) of deze hebben afgewezen. Recentelijk is een overeenkomst met landen als India, China en Australië getekend. In de G-8 van juli 2005 hebben de VS niet aan de internationale druk toegegeven om dit beleid bij te stellen.

Nadere kanttekeningen bij het vs-beleid

De hiernavolgende kanttekeningen zijn niet bedoeld als een beoordeling, maar als een selectie van annotaties die de lezer helpen zelf tot een oordeel te komen. Een beoordeling van het VS-klimaatbeleid ligt niet alleen buiten het bestek van deze bijlage, zij zou ook een kader vragen alsmede een veel grotere detaillering van de maatregelen en de literatuur erover. Op een enkel punt is niettemin een kanttekening nodig, omdat de officiële samenvatting van het beleid, zoals boven geparafraseerd, saillante aspecten tot de details rekent en omdat het verschil met Europa niet steeds even duidelijk is.

Het intensiteitsdoel van 18 procent vermindering van de GHG-intensiteit over tien jaar kent relatief zwakke instrumenten, voornamelijk vrijwillig aan te gane verplichtingen in de marktsector, zonder enige sanctie of verplichte investering. Tjernshaugen (2005) vermeldt dat het bedrijfsleven weliswaar een serie vrijwillige 'verplichtingen' is aangegaan, maar deze liggen onder het voor het doel vereiste niveau van ambitie. Er zijn geen instrumenten die deze quasi-convenanten uiteindelijk kunnen afdwingen. Tegelijk dient te worden vermeld dat de fervente antiklimaatbeleidlobby van het bedrijfsleven die achter de Bird/Hagel-wet van 1997 zat, uiteengevallen is. Een aantal VS-multinationals is enigszins 'om' en heeft inmiddels zelfopgelegde doelen aangekondigd (nota bene, geholpen door de private Chicago Climate Exchange waar men zelfs in *credits* kan handelen).

Het Congres wenst ook geen dwingende maatregelen, al bracht de Liebermann/McCain Climate Stewardship Act het in oktober 2003 nog ver. Deze ontwerpwet confronteerde de Senaat en het Huis voor het eerst met bindende emissiedoelen[3] en zou een juridische basis hebben gelegd voor een emissiehandelssysteem. De afwijzing in de Senaat met 55 tegen 43 stemmen liep niet langs partijlijnen (McCain is bijvoorbeeld republikein). In het Huis was de meerderheid tegen, overigens veel ruimer. Brewer (2005) heeft de wat hij noemt zich verbredende kloof tussen een tweepartijencoalitie in het Congres en de regering-Bush met betrekking tot klimaatbeleid bestudeerd aan de hand van de federale begrotingsdebatten. In 2004 heeft het Congres een zeer forse (63%) verhoging van de

klimaattechnologiebudgetten aan de president opgelegd. Voor 2006 heeft de administratie beperkte besnoeiingen op klimaatuitgaven voorgesteld (zelfs 19% op de internationale programma's), maar deze worden niet verklaard door de wens het tekort te verminderen, want dat neemt in de voorstellen nog toe; het gaat dus om andere prioriteiten. Daar staat overigens wel een aspect tegenover dat in de officiële (korte) versie van het klimaatbeleid buiten beeld blijft: voor hybride auto's wordt de belastingaftrek verdrievoudigd, ten koste van *tax credits* voor wind, biomassa en warmtekrachtkoppeling. Volgens Brewer isoleert de federale administratie zich verder van "the new climate change consensus" in de VS.

Op statelijk niveau is het interessant om de noordoostelijke staten te volgen in hun ontwikkeling van een emissiehandelssysteem (dat uiteraard absolute emissiedoelen vereist) tezamen met de Oost-Canadese provincies. Californië vertrouwt wederom op zijn traditie van straffere regels, met name voor auto's. De uitgevaardigde emissiestandaard voor 2009 zou tegen 2016 de uitstoot van auto's met 30 procent terugdringen. Het juridisch gevecht dat hierover ontstaat (Tjernshaugen 2005) draait om de vraag of deze norm een efficiëntienorm voor brandstof is (een federale competentie), dan wel een luchtvervuilingskwestie (waarvoor staten competent zijn). De noordoostelijke staten en Canada willen zich bij deze norm aansluiten, hetgeen in de markt zal betekenen dat de auto-industrie zich voor geheel Noord-Amerika zal aanpassen. Op die manier zou het federale intensiteitsdoel dichterbij komen zonder enige federale actie op dit punt.

Ten slotte dient te worden gewezen op het contrast in instrumenten tussen het Europese en Amerikaanse beleid, en dit niet zonder ironie. Tijdens de Kyoto-onderhandelingen hebben de VS zich krachtig ingezet om een emissiehandelssysteem aanvaard te krijgen, toen nog oproeiend tegen wijdverbreide achterdocht onder de andere landen. Inmiddels heeft de Unie zo'n systeem opgezet en zullen de EU en Japan, gevolgd door anderen vanaf 2008 ook internationaal gaan handelen. Het allesoverheersende motief voor de VS was kostenefficiëntie. Door Kyoto af te wijzen is het nog niet onmogelijk in de VS een eigen handelssysteem op te zetten, maar politiek lijkt dit vooralsnog onhaalbaar gezien de onverbiddelijke afwijzing van Kyoto. Onderhandelaar Watson bezigt termen als zou Kyoto "a devastating impact on our economy" hebben, alsmede "a number of ... flaws" en is het gewoon "a non-starter". Daarmee dwingen de VS zich in een positie waarin zij, áls Amerika effectieve maatregelen wil nemen op relatief korte termijn, vrijwel zeker op dure, inefficiënte maatregelen zullen terugvallen. De CAFE-normen, het weigeren van accijnsverhogingen, de nieuwe normen in Californië en andere regulering zijn precies beleidsinstrumenten die de VS op basis van kosten-batenargumenten eerder bestreden. In Europa daarentegen wordt tegenwoordig veel rationeler naar kosteneffectiviteit gekeken, terwijl prijsinstrumenten en accijnzen geen taboes vormen. Het handelssysteem werkt. Waar Europa met de VS op statelijk niveau enigszins overeenkomt, zijn de *renewables*-portefeuilles waarbij kosten-batenanalyses ondergeschikt zijn en men vertrouwt op dalende kosten in de toekomst juist vanwege de toename van het aandeel. Op

federaal niveau hebben de VS geen *renewables*-portefeuilles, alleen heel beperkte belastingaftrek.

3 HET ALTERNATIEVE VS-KLIMAATBELEID VOLGENS HET IEA

Het IEA heeft in de World Energy Outlook 2004 alternatieve beleidsscenario's opgesteld voor alle belangrijke spelers (zie tabel 5.1 en hoofdstuk 4). Zo'n beleidsscenario wordt gedefinieerd als voorgenomen beleid dat nog niet is ingevoerd (en dus niet in het referentiescenario zit), alsmede beleid dat redelijkerwijs in de nabije toekomst verwacht kan worden op basis van uitvoerige consultatie en verklaarde beleidsstrategieën. Het VS-scenario geeft aldus enig inzicht in wat voor beleid voor de VS tot 2030 verwacht zou kunnen worden op basis van de beschikbare huidige kennis.

Voor de elektriciteitssector zouden alsnog *renewables portfolio standards* en andere maatregelen ter bevordering van *renewables* voor elektriciteitsopwekking worden aangenomen (waaronder WKK en brandstofcellen). Voor het vervoer verwacht men straffere brandstofnormen voor efficiëntie en bevordering van alternatieve autobrandstof (door R&D en belastingaftrek) en van hybride auto's. Dat laatste lijkt inmiddels in gang gezet, als vermeld. Voor de industrie worden nieuwe technische normen voor motoren ingevoerd, slagen de vrijwillige quasi-convenanten die de energie-intensiteit verlagen, worden prikkels ingevoerd voor investeringen in efficiënte technologieën (zoals belastingaftrek en lagerentele-ningen) en komen meer R&D-fondsen beschikbaar ter verbetering van de efficiëntie van machines en instrumenten. Voor de bebouwde omgeving wordt gedacht aan allerlei energie-efficiëntieverbeteringen van huizen en complexen (waaronder straffere regels, efficiëntie voor tal van apparaten, zonneverwarming van water).

Uit deze opsomming wordt duidelijk dat vele maatregelen die in Europa opgeld doen, vooral in de vorm van prikkels, ook in de VS worden overwogen. Desondanks is het opvallend wat in dit scenario ontbreekt: geen enkel koolstofplafond, al of niet met een handelssysteem, wordt meegenomen, landbouw en bebossing worden niet eens genoemd (hoewel biomassa als *biofuels* wel bevorderd wordt) en speciale maatregelen met betrekking tot kolen (bijvoorbeeld CCS) of een initiatief omtrent nucleair blijven buiten beeld. Dit bevestigt de beschrijving van de strategie van de VS als hoofdzakelijk gericht op liefst marktgedreven energie-efficiëntie (die de intensiteitsreductie vooral moet halen) en de op de lange termijn gerichte technologieprogramma's (die in dit alternatieve scenario klaarblijkelijk nog weinig resultaat hebben opgeleverd). De sterke daling van het kolenverbruik is dan ook uit deze lijst van maatregelen niet goed te bevatten, behalve indien men dit koppelt aan een lager elektriciteitsverbruik (dan in het referentiescenario).

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Brewer, T. (2005) *Climate change in the US government budget*, CEPS, CEPS Policy Brief no. 77, July.

IEA (2004) *World Energy Outlook 2004,* Paris.

MIT (2003) *The future of nuclear power*, study group co-chaired by John Deutsch & Ernest Moniz, Cambridge (USA).

Tjernshaugen, A. (2005) *US participation in future climate agreements, an assessment*, January, CICERO (Oslo), Policy Note 2005-01, www.cicero.uio.no.

NOTEN

1 Zie bijvoorbeeld *The Economist*, 9 juli 2005: 48-50.
2 Zie IEA (2004), Annex A: 442-443.
3 Namelijk emissie in 2010 op 2000-niveau, per sector, en dat voor 85 procent van alle VS-GHG-emissies – zie www.pewclimate.org/policy_center/analyses/s_139_summary.cfm.

BIJLAGE 10: BELANGEN EN KLIMAATBELEID VAN CHINA

China zal dit jaar of volgend jaar de EU-25 passeren op de ranglijst van (absolute) CO_2-vervuilers en tweede worden, na de VS. Terwijl China in 2002 zo'n 14 procent aandeel had in wereldwijde CO_2-emissies, zal dat in 2030 rond 19 procent bedragen. Deze 19 procent is dan gemeten aan een veel groter totaal. Daarom alleen al is het onontbeerlijk de Chinese belangen te begrijpen en zijn bestaande klimaatbeleid te kennen. Ongeveer dezelfde indeling zal worden aangehouden als in bijlage 9 over de VS-belangen. Na een korte analyse van structurele kenmerken van de Chinese economie en samenleving (en in dit bijzondere geval ook de dynamiek ervan) wordt het Chinese klimaatbeleid en vooral ander beleid dat voor het klimaat gunstige bijeffecten heeft, uiteengezet. Dit klimaatbeleid is nog volop in ontwikkeling en enige behoedzaamheid is dan ook gepast. Opnieuw eindigen we het alternatieve klimaatbeleid tot 2030 volgens het IEA.

1 STRUCTURELE KENMERKEN ALS FUNDAMENTELE BELANGEN VAN CHINA

China heeft, als ontwikkelingsland maar ook als koleneconomie, structurele kenmerken die verregaand afwijken van de Europese, maar al evenzeer van de Amerikaanse economie. Bij China gaat het vooral om kolen en hoe zowel zwavel als CO_2-emissies te mitigeren. Vervoer wordt pas geleidelijk van belang en het olieverbruik zal dan ook in die mate toenemen.

Kolen

Met een aandeel van ruim 57 procent in 2002 zijn kolen dominant in het Chinese energieverbruik. En ze zullen dat blijven, zeker in de elektriciteitsvoorziening. China heeft zeer grote voorraden en kolen zijn goedkoop, zij het dat de fenomenale groei geleid heeft tot een overvraag aan kolen (en een overbelasting van de bestaande spoorvrachtinfrastructuur) en dus tot prijsstijgingen en stroomuitval. Niettemin is China zich ten zeerste bewust geworden van minstens twee nadelen van kolen: het lokale leefmilieu wordt erdoor verpest en de veiligheid in tal van mijnen is zo bedroevend dat deze aanbodbronnen moeten worden gesloten of drastisch verbeterd. Voor zover maatregelen ten gunste van het lokale leefmilieu bestaan uit het vervangen van kolen door bijvoorbeeld gas (uit West-China) of LNG (uit Indonesië) zijn de klimaatbaten evident. China blijkt zeer geïnteresseerd in CCS en zoekt samenwerking met onder andere de VS op dit terrein. Experimenten met vormen van CCS en nieuwe investeringen in kolenvergassing (dat CCS gemakkelijker en goedkoop maakt) staan daarbij voorop. China wil weliswaar het aandeel van kolen enigszins terugdringen, maar de eerstkomende decennia zal het absolute verbruik ongetwijfeld nog fors toenemen.
Verder heeft China grote zorgen omtrent de snel toenemende afhankelijkheid van ingevoerde energie, en kolen vormen een krachtige natuurlijke rem op deze trend. Ten slotte zijn hoge olie- en gasprijzen ook voor China een onweerstaanbare verzoeking geen (directe) kolensubstitutie toe te passen. Uit dit alles volgt

dat, welke coördinatie men mondiaal of bilateraal met China ook zou wensen te bereiken, het kolenprobleem voor de mitigatie allesoverheersend zal blijven.

Kolensubstitutie

China tracht al vele jaren andere energiebronnen aan te boren of te ontwikkelen. Vooral grote hydroprojecten (zoals de Drieklovendam, die 18 GW aan elektriciteit moet leveren en tegelijk de Yangtze-rivier beheersbaar dient te maken), snelle ontwikkeling van aardgas, een beperkte mate van *renewables* en veel meer kernenergie vormen het resultaat van diversificatie die zeker klimaatbaten zal opleveren. Niettemin is de Chinese groei zo stormachtig dat de projecten het kolenaandeel nauwelijks kunnen terugdringen. Elk jaar tot 2030 zal China zo'n 30 GW aan elektriciteit extra (!) nodig hebben, bijna twee keer de Drieklovendam per jaar. De verwachting dat, in 2030, de *(non-hydro) renewables* 38 GW zullen produceren, moet in dat licht worden gezien. De pogingen om tot herbebossing over te gaan leiden tot nettotoevoeging van areaal, maar de totalen zijn (relatief) gering.

Industrie versus vervoer

Een dramatisch verschil tussen de EU en de VS enerzijds en China anderzijds is de geringe betekenis van het vervoer in de netto-uitstoot van GHG's en de dominante positie van de industrie bij het verbruik van energie en de CO_2-uitstoot. In 1998 werd 75 procent van de CO_2-uitstoot in China door de industrie veroorzaakt en slechts 9 procent door het vervoer (deels via de vraag naar elektriciteit) (Chandler et al. 2002: 14). Door de overwegend op de industrie gebaseerde economische ontwikkeling van China zal dat aandeel niet veel dalen, terwijl het (auto)vervoer zal exploderen en daarmee de emissies. De Europese en Amerikaanse industrie hebben inmiddels veel mitigatie bereikt via grotere efficiëntie, nieuwe technologie en *end-of-pipe*-oplossingen. In China zal nog decennialang een inhaalproces plaatsvinden, waarbij vooral de staatsondernemingen geprikkeld worden tot grotere efficiëntie die meestal ook energie-efficiëntie inhoudt. In het vervoer zijn inmiddels brandstofnormen ingevoerd die, qua striktheid, het midden houden tussen de Amerikaanse en de (strengere) EU-normen, waardoor ook de CO_2-emissies zullen afnemen. Stadsvervoer in de zeer grote steden schakelt momenteel om op aardgasbussen.

Biomassa

China mag dan een snel industrialiserend land zijn, eigenlijk is het nog steeds een rurale maatschappij. Waarschijnlijk is nog de helft van de werkzame bevolking actief op het land, al neemt dit aandeel snel af. Dat verklaart ook het aandeel van 17 procent van de primaire energie voor biomassa, die een gevolg is van onderontwikkeling. In 2030 verwacht het IEA altijd nog een aandeel van 9 procent.

Vergrijzing

De onstuimige groei van China doet velen vergeten dat op de langere termijn, die nou eenmaal relevant is voor klimaatbeleid, China een enorm vergrijzingsprobleem kent als resultante van een langdurig beleid om slechts één kind per gezin te krijgen. Bovendien dreigt het natuurlijke evenwicht tussen vrouwen en

mannen verstoord te worden met een groot mannenoverschot. Deze trend heeft echter wel een aanzienlijke *co-benefit* voor het klimaat! Chandler et al. (2002) schatten dat alleen al de afremming van de bevolking tot 2000 zo'n 150 miljoen ton koolstof heeft 'gemitigeerd' (per jaar).

2 HET HUIDIGE KLIMAATBELEID VAN CHINA

China heeft het UNFCCC-verdrag en het Kyoto-protocol geratificeerd. Overigens legt Kyoto aan China geen kwantitatieve verplichtingen op. Dit kan echter niet uitgelegd worden als zou China geen klimaatbeleid hebben. Dit beleid bestaat op sommige onderdelen reeds geruime tijd en een algemene strategie krijgt steeds duidelijke contouren.

De volgende onderdelen van dit beleid zijn onomstreden:
- De prioriteit ligt op (hoge) economische groei.
- China is bereid gebleken fors te investeren in *no regret*-beleid van allerlei aard, bovenal energie-efficiëntie, schone(re) energie voor het lokale leefmilieu, *renewables* en hydro en herbebossing.
- Externe energiezekerheid is een hoofdpunt van beleid in China, gezien de verwachte olie-invoer als aandeel in het binnenlandse olieverbruik; ook de gasinvoer neemt toe, zij het in geringere mate omdat China een aantal gasvondsten heeft gedaan.
- Marktconform beleid wordt geacht zowel de energie-efficiëntie als het klimaat te dienen en de effecten daarvan zijn (nog) krachtig wegens de lange nasleep van de aanvankelijk zo strikt geleide economie.
- Men poogt het beginsel dat de vervuiler betaalt in te voeren, tegen alle weerstand in; hierbij speelt het probleem dat wat als milieubeleid kan worden gekarakteriseerd lang niet altijd centraal kan worden gestuurd, naast wijdverbreide corruptie op lokaal niveau.

Zoals tabel 5.1 laat zien is de jaarlijkse verbetering van de energie-efficiëntie van China niet minder dan 1,5 procent. Dit is ongewoon hoog voor een zich snel ontwikkelend land (al haalt India dit eveneens, weliswaar met een groter dienstenaandeel). Dit is het gevolg van allerlei direct en indirect beleid. De wet op energiebesparing van 1998 bevat tal van maatregelen die energieverspilling tegengaan en de modernisering van machines en energieverbruik van industrieën bevorderen. Ook kolen en andere energiesubsidies zijn verminderd of afgeschaft. Maar indirect beleid is vermoedelijk van groter belang. Daarbij moet men vooral denken aan de afremming van de bevolkingsgroei, de geleidelijke overgang naar een markteconomie voor de staatsbedrijven, het belang van energie-efficiëntie voor de private bedrijven en hun concurrentiepositie (dus via diffusie) en het meeliften op de investeringen van multinationals die doorgaans veel minder emissies genereren.

Netto-emissies van China worden tevens beïnvloed door agressief *no regret*-beleid in vele steden, zoals substitutie naar lagekoolstofbrandstoffen (bijvoor-

beeld van kolen naar gas), technische normen voor autobrandstofverbruik, enzovoort. Daarbij is bijvoorbeeld een belasting op hoogzwavelige kolen ingevoerd en zijn hier en daar 'kolenvrije zones' ontstaan door regulering.

Twee andere vormen van direct klimaatbeleid zijn een langzame groei van het aandeel 'schone energie' (wind, zon, hydro en nucleair) en de steeds intensievere samenwerking met de VS en, in zwakkere mate, de EU voor de ontwikkeling van nieuwe technologie zoals CCS, nucleair en waterstof.

3 HET ALTERNATIEVE CHINESE KLIMAATBELEID VOLGENS HET IEA

China is inmiddels een (zij het 'duale') gevorderde ontwikkelingseconomie, (grotendeels) volgens marktprincipes. Het alternatieve IEA-scenario laat een breed scala aan direct en indirect klimaatbeleid zien, met de hoogste CO_2-uitstootvermindering (vergeleken met BAU) in 2030 van alle acht landen in tabel 5.1 (namelijk 21%). Dat China onder Kyoto geen kwantitatieve verplichtingen kent, betekent dus helemaal niet dat het land geen of alleen symbolisch klimaatbeleid zou voeren.

Voor de elektriciteitssector wordt zowel een efficiëntieverbetering van kolencentrales (door vervangingsinvesteringen) verwacht als subsidies (eventueel via belastingen) voor substitutie van kolen door *renewables* of gas. De overheid bevordert expliciet en in hoog tempo de sector kernenergie. Voor de vervoerssector worden later nog strakkere normen voor auto's verwacht, een bevordering van 'groene' auto's door belastingfaciliteiten en onderzoek en een veel grotere nadruk op openbaar stadsvervoer. De industrie, die een groot aandeel heeft in het energieverbruik, ook in 2030, is inmiddels zo marktconform (behalve bij sommige staatsbedrijven) dat additionele maatregelen vooral van direct beleid zullen moeten komen. Het IEA verwacht direct beleid in de vorm van efficiëntienormen voor machines, motoren en pompen, belastingfaciliteiten voor investeringen in nieuwe technologieën en beperkingen op het gebruik van kolen. Voor de bebouwde omgeving worden bouwvoorschriften gewijzigd met het oog op energiebesparing, wordt energie-etikettering van apparaten verplicht en volgen minimumnormen voor allerlei apparatuur. Tevens wordt een 'groen licht'-programma geïntroduceerd voor efficiëntere belichting.

Hierbij dient te worden aangetekend dat in China wel degelijk nog tal van marktverstorende praktijken zijn blijven bestaan die dienen te worden opgeheven, met indirecte baten voor het klimaat. Hervormingen blijven dus een belangrijk onderdeel van 'klimaatbeleid'. Verder is het lastig een goed beeld te krijgen van de feitelijke afdwinging van wetten, met name centrale wetgeving.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Chandler, W., R. Schaeffer, D. Zhou, P. Shukla, F. Tudela, O. Davodson en S. Alman-Atamer (2002) *Climate change mitigation in developing countries*, Washington D.C., Pew Center, www.pewclimate.org.

BIJLAGE 11: DE UNFCCC

Beginselen/ doelstellingen/ verplichtingen	Concepten/ sleutelwoorden	Bewoordingen UNFCCC	Opmerkingen
'Uiteindelijke doel' (art. 2)	stabilisatie van GHG-concentratie veilig niveau	'level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system'	interpretatie kan op velerlei wijzen zie hoofdstuk 2
	zo langzaam dat ecosystemen zich natuurlijk kunnen aanpassen	'time-frame sufficient to allow ecosystems to naturally adapt to climate change'	
Beginselen			
1 Billijkheid		equity (art. 3.1)	kernstuk UNFCCC
- verantwoordelijkheid	vervuiler betaalt	'common but differentiated responsibilities'	domineert Kyoto-protocol
- vermogen	('ability to pay')	'respective capabilities'	
- behoefte en mogelijkheden	kwetsbaarheden	'specific needs and special circumstances of developing country Parties, especially those that are particularly vulnerable… and… bear a disproportionate or abnormal burden under the Convention' (art. 3.2) minst ontwikkelde landen alleen genoemd (art. 4.9)	art. 4.8 bevat een (te?) lange lijst van ontwikkelingslanden met 'specific needs and special circumstances' of met 'an abnormal burden'; eerste 2 (small islands, low-lying coastal areas) liggen voor de hand, maar verder een 'open-einde'-opsomming, tot 'land-locked and transit'-landen aan toe
2 Milieueffectiviteit	(zie doel, boven)	ook 'for the benefit of present and future generations' (art. 3.1)	
- voorzorgsbeginsel		'take precautionary measures to anticipate, prevent or minimize the causes of climate change and mitigate its effects. Where there are threats of serious or irreversible damages, lack of full scientific certainty should not be used as a reason for postponing measures…'	(blijft altijd lastig; er is natuurlijk niet zoiets als 'full scientific certainty'; zelfs de mate van onzekerheid kennen, is niet goed mogelijk, hier; dus, de geest van dit beginsel is duidelijk, de rekbaarheid schept onduidelijkheid)
3 Economisch			
- kosteneffectiviteit	(conventionele def.)	'cost effective so as to ensure global benefits at the lowest possible costs' 'comprise all sectors'	tekst correct en helder; landen zijn echter soeverein (zie 9de alinea van de preambule) en de vraag is of deze clausule afdwingbaar is, ook gezien langere perioden (bijvoorbeeld art. 3.1)

BIJLAGE 11: VERVOLG UNFCCC

Beginselen/ doelstellingen/ verplichtingen	Concepten/ sleutelwoorden	Bewoordingen UNFCCC	Opmerkingen
- groei helpt klimaatbeleid	open, internationaal economisch systeem bevordert groei, hetgeen het vermogen om klimaatbeleid te voeren vergroot	'a supportive and open international economic system... enabling them better to address... climate change'	groei wordt omschreven als 'duurzame ontwikkeling'
- geen nieuwe handels-barrières	GATT-compatibel	'not ... a means of arbitrary or unjustifiable discrimination or a disguised restriction on international trade'	(GATT-bewoordingen)
Verplichtingen	(wel onder 'differentiation')	'commitments' (art. 4)	
1 Rapportage - nationale metingen GHG - mitigatieprogramma's - 'nationale mededelingen'	 (inventories) (national communications)	(art. 4.1 en art. 12)	differentiatie gaat hier heel ver; geen 'inventory' verplichtingen voor non-Annex I; nationale mededelingen van arme landen alleen met behulp van fondsen; geen sancties voor non-rapportage, wel bij Kyoto-protocol, later
2 Evaluatie	(verificatie, informatie, discussie, consultatie en aanbeveling voor correctie)	(art. 4.2 en art. 7.2) 'The COP, as the supreme body..., shall keep under regular review the implementation of the Convention... and shall make, within its mandate, the decisions necessary to promote the effective implementations...' (zie ook art. 4.7)	uitgebreide/gedetailleerde artikelen waar weinig (art. 4.2 wel enigszins) of niets (art. 7.2) van terechtkomt. Ligt deels aan patstelling tussen 'arm' en Annex I. Maakt UNFCCC ongeloofwaardig.
3 Fondsen	alle rapportage te betalen door Annex I (plus) (steun)	'full costs (for inventory reports of developing countries)' 'full incremental costs of implementing measures' 'developing countries... particularly vulnerable'	(art. 4.3 / 4.4) gaat over aanpassingskosten
4 Technologieoverdracht	privaat of publiek?	'take all practicable steps'	tekst lijkt gematigd maar ligt heel gevoelig; private overdracht wordt gezien als te weinig en onvoorspelbaar
5 Voorwaardelijkheid van niet Annex I-actie	(wederzijdse 'houdgreep')	'... developing country Parties... commitments... depend on effective implementation by developed...'	hoofdprobleem: beide vereisen een oordeel dat in feite door strategie en onderhandelingen wordt bepaald (en 'dispute settlement' in art. 14 is veel te zwak)

BIJLAGE 11: VERVOLG UNFCCC

Beginselen/ doelstellingen/ verplichtingen	Concepten/ sleutelwoorden	Bewoordingen UNFCCC	Opmerkingen
5 Voorwaardelijkheid van niet Annex I-actie	(wederzijdse 'houdgreep')	'... developing country Parties... commitments... depend on effective implementation by developed...'	(hoofdprobleem: beide vereisen een oordeel dat in feite door strategie en onderhandelingen wordt bepaald (en 'dispute settlement' in art. 14 is veel te zwak)
	(maas in de wet)	'development and poverty eradication are the first and overriding priorities of the developing ... '	
6 OPEC-compensatie?	olie en andere fossielproducerende landen kunnen niet gemakkelijk hun structuur wijzingen; extra steun	'such Parties have serious difficulties in switching to alternatives' (art. 4.10) (zie ook art. 4.8.4)	wordt vaak als een 'gifpil' beschouwd; OPEC vreest anti-fossielmaatregelen; Annex I willen aan deze clausule geen waarde hechten
7 Research, waarneming, training, etc.		(art. 5 en 6)	minder controversieel, veel gebeurt unilateraal, bilateraal en multilateraal
Conflictbeslechting Tussen partijen (2 of meer)	door: - onderhandeling - andere vreedzame methode, onderling overeen te komen - arbitrage (COP stelt regels vast) - bij voorbaat bindende uitspraak ICJ in Den Haag	'Parties concerned shall seek a settlement of the dispute though negotiation or any other peaceful means of their own choice' (art. 14.1)	aangezien de Conventie, zeker de COP, met unanimiteit werkt, kan een zo zwakke vorm van geschilbeslechting nauwelijks of geen betekenis krijgen; vrijwel alles blijft 'onderhandelbaar'; verder is wel een 'verzoeningsprocedure' voorzien in art. 14.6
Terugtrekking	(uit verdrag + protocollen)	(art. 25)	een jaar na notificatie

BIJLAGE 12: KLIMAATBELEID EN WTO-DISCIPLINES

Deze bijlage sluit aan op tekstbox 5.3, waarin uitsluitend handelssancties worden besproken. Hieronder volgen nog vier aspecten die WTO-disciplines aangaan: verenigbaarheid van milieuverdragen en de WTO, onderscheid tussen producten en diensten enerzijds en de wijze van voortbrenging anderzijds, koolstofbelasting en etikettering.

Bij de verenigbaarheid van milieuverdragen en de WTO gaat het met name om de zogeheten *specific trade obligations* (STO's) van die verdragen. Die bestaan uit vier typen maatregelen: import-/exportverboden, import-/exportlicenties, notificatieverplichtingen en verpakkings- en etiketteringsregels. Hoe lastig deze kwesties kunnen zijn, is gebleken uit het meningsverschil dat rees tussen Chili en de EU over zwaardvis gevangen in de zuidelijke Pacific: de EU maakte het aanhangig in de WTO en Chili bij het tribunaal voor de 'law of the sea' (ITLOS). Het conflict is uiteindelijk in der minne geschikt. Sinds 2001 wordt er in het kader van Doha onderhandeld over de verenigbaarheid van milieuverdragen en de WTO, maar deze zijn niet veel verder gekomen dan uitwisseling van definitiekwesties. Het zoeken naar 'beginselen en parameters' zoals het wordt aangeduid, is nog nauwelijks aangevangen.

Het onderscheid tussen producten en diensten enerzijds en de wijze van voortbrenging anderzijds is cruciaal voor allerlei concrete aspecten van klimaatbeleid. Dat kan te maken hebben met concurrentievervalsing door het opleggen (of juist niet opleggen) van uiteenlopende regels die met efficiëntie van een bedrijf niets te maken hebben. Elders in dit rapport bepleiten wij dat, waar mogelijk, sectorale standaarden of afspraken in de wereldmarkt een geschikte oplossing zouden kunnen bieden. Maar het overeenkomen zelf wordt beslissend beïnvloed door de omvattendheid van de coalitie en het disciplineren of anderszins marginaal houden van *free riders* of van 'lekken'. Mocht de sector om ondersteunende regelgeving vragen, dan bestaat de kans dat de WTO zich gedwongen zou zien (bijvoorbeeld via een casus) die regels als niet met de WTO verenigbaar te verklaren. De arme landen zijn uiterst sceptisch over het afwijken van het *like products*-dogma. Zij vrezen dat de NPR-PPM's (*non-product-related processes and production methods*, dat wil zeggen voortbrengingswijzen die geen sporen in het product achterlaten; het product is dus niet herkenbaar als een 'ander' product of als variatie van dat product) een nieuwe vorm van protectionisme behelzen. In de economie valt die vrees te begrijpen, immers, in de strategie van *raising rivals' costs* is het zaak de vaste kosten van de lageprijstoetreder tot de markt te doen verhogen en NPR-PPM's zijn daar een geschikt middel voor, dat aangemerkt kan worden als zijnde in het 'algemene belang'.

Deze lastige kwestie speelt eveneens voor indirecte belastingen en daarmee ook voor regulerende heffingen. Voor zover niet een Kyoto-benadering van verhandelbare emissierechten wordt gevolgd maar wel een regulerende of andere heffing

op inputs bij de voortbrenging van producten of diensten (onder andere vervoer), komt het onderscheid tussen product en voortbrenging (*process)* terug. Belasting op producten kan, mits geen onderscheid wordt gemaakt tussen binnenlandse en ingevoerde producten, geheven worden en *border tax agreements* zijn daarbij aan bepaalde GATT-regels gebonden. Maar een *border tax agreement* is niet GATT-verenigbaar indien belasting aan de grens wordt verevend over een input van een product, zoals de energie of (bijvoorbeeld) het koolstofverbruik bij de voortbrenging. Bij energie slurpende bedrijfstakken zoals aluminium, staal, bulkchemie, cement en papier kan dat tot grote gevoeligheden leiden. De CTE heeft belastingen wel op het officiële programma staan (sinds Marrakesh, 1994), maar geeft ze geen voorrang. Bij een ware wereldkoolstofmarkt à la Kyoto zou dit probleem niet of slechts in zeer geringe mate (voor aspecten waarvoor die markt ongeschikt is) bestaan. Nog ingewikkelder wordt het indien (zoals Canada overweegt) schaarste (uitgedrukt in de prijs) bij verhandelbare rechten aan een maximum wordt gebonden; immers, dit is economisch equivalent aan een koolstofbelasting.

Ten slotte wordt etikettering in klimaatkwesties steeds belangrijker. Het standpunt van arme landen komt erop neer dat etiketten die *like products* in categorieën verdelen, niet met de WTO verenigbaar zijn. Door die etiketten worden die producten immers ‘anders’, niet meer ‘overeenkomstig’. Toch ziet men wel in dat etiketten veelal efficiënter zijn dan regelgeving (wegens hun marktconformiteit) en nuttige informatie kunnen geven (al is er een terechte vrees voor een proliferatie van etiketten die het nut ervan juist weer ondermijnen). In de CTE verlaat men zich in sterke mate op de TBT GATT-overeenkomst (over het voorkomen van technische handelsbelemmeringen), omdat die evenwichtig is opgesteld en bovendien prikkels verschaft voor wederzijdse erkenning, equivalentie en harmonisatie op vrijwillige basis. Verder is TBT uitdrukkelijk verbonden met een Standaardisatie Code, die veel arbitraire of ongerechtvaardigde praktijken kan voorkomen.

RAPPORTEN AAN DE REGERING

Eerste raadsperiode (1972-1977)

1 Europese Unie
2 Structuur van de Nederlandse economie
3 Energiebeleid
Gebundeld in één publicatie (1974)
4 Milieubeleid (1974)
5 Bevolkingsgroei (1974)
6 De organisatie van het openbaar bestuur (1975)
7 Buitenlandse invloeden op Nederland: Internationale migratie (1976)
8 Buitenlandse invloeden op Nederland: Beschikbaarheid van wetenschappelijke en technische kennis (1976)
9 Commentaar op de Discussienota Sectorraden (1976)
10 Commentaar op de nota Contouren van een toekomstig onderwijsbestel (1976)
11 Overzicht externe adviesorganen van de centrale overheid (1976)
12 Externe adviesorganen van de centrale overheid (1976)
13 Maken wij er werk van? Verkenningen omtrent de verhouding tussen actieven en niet-actieven (1977)
14 Interne adviesorganen van de centrale overheid (1977)
15 De komende vijfentwintig jaar – Een toekomstverkenning voor Nederland (1977)
16 Over sociale ongelijkheid – Een beleidsgerichte probleemverkenning (1977)

Tweede raadsperiode (1978-1982)

17 Etnische minderheden (1979)
A. Rapport aan de Regering
B. Naar een algemeen etnisch minderhedenbeleid?
18 Plaats en toekomst van de Nederlandse industrie (1980)
19 Beleidsgerichte toekomstverkenning
Deel 1: Een poging tot uitlokking (1980)
20 Democratie en geweld. Probleemanalyse naar aanleiding van de gebeurtenissen in Amsterdam op 30 april 1980
21 Vernieuwingen in het arbeidsbestel (1981)
22 Herwaardering van welzijnsbeleid (1982)
23 Onder invloed van Duitsland. Een onderzoek naar gevoeligheid en kwetsbaarheid in de betrekkingen tussen Nederland en de Bondsrepubliek (1982)
24 Samenhangend mediabeleid (1982)

Derde raadsperiode (1983-1987)

25 Beleidsgerichte toekomstverkenning
Deel 2: Een verruiming van perspectief (1983)
26 Waarborgen voor zekerheid. Een nieuw stelsel van sociale zekerheid in hoofdlijnen (1985)
27 Basisvorming in het onderwijs (1986)
28 De onvoltooide Europese integratie (1986)
29 Ruimte voor groei. Kansen en bedreigingen voor de Nederlandse economie in de komende tien jaar (1987)
30 Op maat van het midden- en kleinbedrijf (1987)
Deel 1: Rapport aan de Regering
Deel 2: Pre-adviezen
31 Cultuur zonder grenzen (1987)

32 De financiering van de Europese Gemeenschap. Een interimrapport (1987)
33 Activerend arbeidsmarktbeleid (1987)
34 Overheid en toekomstonderzoek. Een inventarisatie (1988)

Vierde raadsperiode (1988-1992)

35 Rechtshandhaving (1988)
36 Allochtonenbeleid (1989)
37 Van de stad en de rand (1990)
38 Een werkend perspectief. Arbeidsparticipatie in de jaren '90 (1990)
39 Technologie en overheid (1990)
40 De onderwijsverzorging in de toekomst (1991)
41 Milieubeleid. Strategie, instrumenten en handhaafbaarheid (1992)
42 Grond voor keuzen. Vier perspectieven voor de landelijke gebieden in de Europese Gemeenschap (1992)
43 Ouderen voor ouderen. Demografische ontwikkelingen en beleid (1993)

Vijfde raadsperiode (1993-1997)

44 Duurzame risico's. Een blijvend gegeven (1994)
45 Belang en beleid. Naar een verantwoorde uitvoering van de werknemersverzekeringen (1994)
46 Besluiten over grote projecten (1994)

47 Hoger onderwijs in fasen (1995)
48 Stabiliteit en veiligheid in Europa. Het veranderende krachtenveld voor het buitenlands beleid (1995)
49 Orde in het binnenlands bestuur (1995)
50 Tweedeling in perspectief (1996)
51 Van verdelen naar verdienen. Afwegingen voor de sociale zekerheid in de 21e eeuw (1997)
52 Volksgezondheidszorg (1997)
53 Ruimtelijke-ontwikkelingspolitiek (1998)
54 Staat zonder land. Een verkenning van bestuurlijke gevolgen van informatie- en communicatietechnologie (1998)

Zesde raadsperiode (1998-2002)

55 Generatiebewust beleid (1999)
56 Het borgen van publiek belang (2000)
57 Doorgroei van arbeidsparticipatie (2000)
58 Ontwikkelingsbeleid en goed bestuur (2001)
59 Naar een Europabrede Unie (2001)
60 Nederland als immigratiesamenleving (2001)
61 Van oude en nieuwe kennis. De gevolgen van ICT voor het kennisbeleid (2002)
62 Duurzame ontwikkeling. Bestuurlijke voorwaarden voor een mobiliserend beleid (2002)
63 De toekomst van de nationale rechtsstaat (2002)
64 Beslissen over biotechnologie (2003)
65 Slagvaardigheid in de Europabrede Unie (2003)
66 Nederland handelsland. Het perspectief van de transactiekosten (2003)
67 Naar nieuwe wegen in het milieubeleid (2003)

Zevende raadsperiode (2003-2007)

68 Waarden, normen en de last van het gedrag (2003)

69 De Europese Unie, Turkije en de islam (2004)

70 Bewijzen van goede dienstverlening (2004)

71 Focus op functies. Uitdagingen voor een toekomstbestendig mediabeleid (2005)

72 Vertrouwen in de buurt (2005)

73 Dynamiek in islamitisch activisme. Aanknopingspunten voor democratisering en mensenrechten (2006)

Rapporten aan de Regering nrs 1 t/m 67 en publicaties in de reeks *Voorstudies en achtergronden* zijn niet meer leverbaar.
Alle studies van de WRR zijn beschikbaar via de website www.wrr.nl.
Rapporten aan de Regering nrs 68 t/m 73 zijn verkrijgbaar in de boekhandel of via Amsterdam University Press, Prinsengracht 747-751, 1017 JX Amsterdam (www.aup.nl).

VERKENNINGEN

Zevende raadsperiode (2003-2007)

1. Jacques Pelkmans, Monika Sie Dhian Ho en Bas Limonard (red.) (2003) Nederland en de Europese grondwet
2. P.T. de Beer en C.J.M. Schuyt (red.) (2004) Bijdragen aan waarden en normen
3. G. van den Brink (2004) Schets van een beschavingsoffensief. Over normen, normaliteit en normalisatie in Nederland
4. E.R. Engelen en M. Sie Dhian Ho (red.) (2004) De staat van de democratie. Democratie voorbij de staat
5. P.A. van der Duin, C.A. Hazeu, P. Rademaker en I.J. Schoonenboom (red.) (2004) Vijfentwintig jaar later. De Toekomstverkenning van de WRR uit 1977 als leerproces
6. H. Dijstelbloem, P.L. Meurs en E.K. Schrijvers (red.) (2004) Maatschappelijke dienstverlening. Een onderzoek naar vijf sectoren
7. W.B.H.J. van de Donk, D.W.J. Broeders en F.J.P. Hoefnagel (red.) (2005) Trends in het medialandschap. Vier verkenningen
8. G. Engbersen, E. Snel en A. Weltevrede (2005) Sociale herovering in Amsterdam en Rotterdam. Eén verhaal over twee wijken
9. D.J. Wolfson (2005) Transactie als bestuurlijke vernieuwing. Op zoek naar samenhang in beleid en uitvoering
10. Nasr Abu Zayd (2006) Reformation of Islamic Thought. A Critical Historical Analysis
11. J.M. Otto (2006) Sharia en nationaal recht. Rechtssystemen in moslimlanden tusssen traditie, politiek en rechtsstaat

Alle *Verkenningen* zijn verkrijgbaar in de boekhandel of via Amsterdam University Press, Prinsengracht 747-751, 1017 JX Amsterdam (www.aup.nl).

WEBPUBLICATIES

Zevende raadsperiode (2003-2007)

WP 1 Opvoeding, onderwijs en jeugdbeleid in het algemeen belang

WP 2 Ruimte voor goed bestuur: tussen prestatie, proces en principe

WP 3 Lessen uit corporate governance en maatschappelijk verantwoord ondernemen

WP 4 Regulering van het bestuur van maatschappelijke dienstverlening: eenheid in verscheidenheid

WP 5 Een schets van het Europese mediabeleid

WP 6 De regulering van media in internationaal perspectief

WP 7 Beleid inzake media, cultuur en kwaliteit: enkele overwegingen

WP 8 Geschiedenis van het Nederlands inhoudelijk mediabeleid

WP 9 Buurtinitiatieven en buurtbeleid in Nederland anno 2004: analyse van een veldonderzoek van 28 casussen

WP 10 Geestelijke gezondheid van adolescenten: een voorstudie

WP 11 De transitie naar volwassenheid en de rol van het overheidsbeleid: een vergelijking van insitutionele arrangementen in Nederland, Zweden, Groot-Brittanië en Spanje

WP 12 Klassieke sharia en vernieuwing

WP 13 Sharia en nationaal recht in twaalf moslimlanden